П. В. ДРЕНОВ

СПРАВОЧНИК ПО РЕМОНТУ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ УССР
Киев — 1958

В справочнике приведены краткие сведения по ремонту основных элементов электрических машин наиболее распространенных конструкций, заводские нормали и обмоточные данные, нормы испытаний и сведения о применяемых материалах, справочные и вспомогательные таблицы, связанные с вопросами ремонта.

Материал справочника подан согласно действующим стандартам и правилам.

Справочник рассчитан на инженеров, техников и квалифицированных рабочих, занятых на ремонте электрических машин.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Директивами XX съезда КПСС по шестому пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР предусмотрено широкое внедрение нового высокопроизводительного оборудования и модернизация устаревшего. Намечена более совершенная постановка ремонтного дела. Ремонт машин, по существу, должен сводиться к операциям по замене деталей, узлов и агрегатов. Материально-технической базой ремонтного хозяйства должны стать крупные специализированные предприятия, изготовляющие запасные части.

Сложны и ответственны задачи ремонтного персонала. Через его руки проходит большое количество разнообразных машин, которые нужно не только восстанавливать в прежнем виде, но и коренным образом реконструировать, повышая их эксплуатационную надежность и экономичность.

Чтобы выполнять ремонт электрических машин на высоком техническом уровне и в сжатые сроки, необходимо строго соблюдать производственные инструкции, руководящие указания, правила и нормы.

Разбросанность справочных сведений по различным источникам затрудняет оперативное разрешение вопросов, возникающих в процессе ремонта машин.

В настоящем справочнике систематизирован и надлежащим образом обработан основной нормативный и технический материал, касающийся ремонта электрических машин нормального исполнения. В нем кратко изложена технология ремонта обмоток, токособирательной системы, механической части и других наиболее уязвимых узлов и деталей.

В технической литературе имеются книги по расчетам электрических машин, доступные широким кругам производственников, поэтому вопросы приближенных расчетов обмоток и других элементов рассматриваются в ограниченном объеме. Ограничить подобную информацию оказалось целесообразным также и потому, что при решении сложных вопросов, связанных с ремонтом машин, приходится прибегать не к сжатым данным справочника, а к помощи специальной технической литературы.

Для достижения максимальной четкости и конкретности основной материал справочника (главным образом цифровые сведения) приведен в виде отдельных таблиц, текстовые пояснения сокращены до минимума.

Отзывы и пожелания по этой книге просим направлять по адресу: Киев, Красноармейская, 11, Гостехиздат УССР.



РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

§ 1. ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ И НЕКОТОРЫЕ ПОСТОЯННЫЕ ВЕЛИЧИНЫ

Таблица 1

Сокращенные обозначения основных едииниц измерения

Наименование	Сокращенное обозначение	Наименование	Сокращенное обозначение
Килоампер	*ка*	Микрофарада	*мкф*
Ампер	*а*	Микромикрофарада	*мкмкф*
Миллиампер	*ма*	(Пикофарада)	*(пф)*
Микроампер	*мка*	Люкс	*лк*
Ампер-час	*а-ч*	Люмен	*лм*
Ампер-секунда	*а-с*	Стильб	*сб*
(Кулон)	*(к)*	Фот	*ф*
Киловольт	*кв*	Свеча	*св*
Вольт	*в*	Электрон	*э*
Милливольт	*мв*	Час	час.
Микровольт	*мкв*	Минута	мин.
Вольт-секунда	*в-с*	Секунда	сек.
(Вебер)	*(вб)*	Километр	*км*
Мегом	*мгом*	Метр	*м*
Килоом	*ком*	Сантиметр	*см*
Ом	*ом*	Миллиметр	*мм*
Мегаватт	*мгвт*	Микрон	*мк*
Киловатт	*квт*	Метр квадратный	*м*²
Гектоватт	*гвт*	Метр кубический	*м*³
Ватт	*вт*	Тонна	*т*
Милливат	*мвт*	Центнер	*ц*
Микроватт	*мквт*	Килограмм	*кг*
Киловатт-час	*квт-ч*	Грамм	*г*
Гектоватт-час	*гвт-ч*	Миллиграмм	*мг*
Ватт-час	*вт-ч*	Гектолитр	*гл*
Ватт-секунда	*вт-с*	Декалитр	*дкл*

Продолжение табл. 1

Наименование	Сокращенное обозначение	Наименование	Сокращенное обозначение
Мегавольтампер	*мгва*	Литр	*л*
Киловольтампер	*ква*	Килограммометр	*кГм*
Вольтампер	*ва*	Лошадиная сила метрическая	*л. с.*
Мегагерц	*мггц*	Лошадиная сила метрическая в час	*л. с. ч.*
Килогерц	*кгц*	Мегакалория	*мгкал*
Герц	*гц*	Калория малая	*кал*
Гаусс	*гс*	Калория большая	*ккал*
Генри	*гн*	Атмосфера техническая	*ат*
Миллигенри	*мгн*	Атмосфера абсолютная	*ата*
Микрогенри	*мкгн*	Атмосфера избыточная	*ати*
Максвелл	*мкс*	Миллиметр ртутного столба	*мм* рт. ст.
Эрстед	*эрст*	Миллиметр водяного столба	*мм* вод. ст.
Фарада	*ф*	Градус шкалы Цельсия	°C

Таблица 2

Пересчет единиц мощности

Наименование единицы	Килограммометр в сек.	Лошадиная сила	Киловатт	Ватт
Килограммометр, в сек.	1	0,0133	0,00981	9,81
Лошадиная сила метрическая	75	1	0,736	736
Киловатт	102	1,36	1	1000
Ватт	0,102	0,00136	0,001	1

Таблица 3

Пересчет единиц энергии

Наименование единиц	Киловатт-час	Килограммометр	Килокалория
Киловатт-час	1	$3{,}67 \cdot 10^{5}$	860
Килограммометр	$2{,}72 \cdot 10^{-6}$	1	$2{,}34 \cdot 10^{-3}$
Килокалория	$1{,}16 \cdot 10^{-3}$	426,9	1
Лошадиная сила, метрическая, в час	0,736	—	631,5

Таблица 4

Пересчет единиц давления

Наименование единиц	Атмосфера физическая	Атмосфера техническая (в $кГ/см^2$)	Ртутный столб (в *м*)	Водяной столб (в *м*)
Атмосфера физическая (старая)	1	1,0332	0,760	10,3333
Атмосфера техническая, $кГ/см^2$	0,9678	1	0,7356	10
1 метр ртутного столба	1,3158	1,3595	1	13,595
1 метр водяного столба	0,0968	0,1	0,0736	1

Таблица 5

Соотношение температурных шкал

Наименование единицы	Обозначение	Формула перехода к стоградусной шкале Цельсия (в град.)
Градусы по шкале Реомюра . . .	°R	$1{,}25t°R$
Градусы по шкале Фаренгейта . .	°F	$0{,}556(t°F - 32)$
Градусы по абсолютной шкале . .	°K	$t°K - 273{,}16$

Таблица 6

Некоторые постоянные величины и геометрические формулы

$\pi = 3{,}14159$ $\frac{\pi}{4} = 0{,}78540$	$\sqrt{g} = 3{,}13209$ $\lg g = 0{,}99167$	$\sqrt{3} = 1{,}7321$ $\cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2}$
$\pi^2 = 9{,}86960$ $\frac{1}{\pi} = 0{,}31831$	$\ln x = 2{,}3 \lg x$ $\lg x = 0{,}434 \ln x$	$\sin 30° = \frac{1}{2}$ $\sin 45° = \frac{\sqrt{2}}{2} = \cos 45°$
$\sqrt{\pi} = 1{,}77245$ $\lg \pi = 0{,}49715$	$e = 2{,}71828$ $\frac{1}{e} = 0{,}36788$	$\cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \mathrm{tg}^2 \varphi}}$ $\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi = 1$

Продолжение табл. 6

$g = 9{,}81$ $g^2 = 96{,}2361$	$e^2 = 7{,}38906$ $\sqrt{e} = 1{,}64872$ $\sqrt{2} = 1{,}4142$	$1\ \text{рад} = \frac{180°}{\pi} = 57°17'$ $1° = \frac{\pi}{180°} = 0{,}017\ \text{рад.}$
Длина окружности $2\pi r = \pi d$	Боковая поверхность кругового конуса $\pi r\sqrt{r^2 + h^2}$	Объем цилиндра $\pi r^2 h = \frac{\pi d^2 h}{4}$
Площадь круга $\pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4}$	Боковая поверхность цилиндра $2\pi rh = \pi dh$	Поверхность шара $4\pi r^2 = \pi d^2$
Площадь кольца $\pi(R^2 - r^2)$	Полная поверхность цилиндра $2\pi r(r + h)$	Объем шара $\frac{4\pi r^3}{3} = \frac{\pi d^3}{6}$

§ 2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО СОПРОТИВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ

Растяжение и сжатие. Расчет площади поперечного сечения бруса по заданной наибольшей осевой нагрузке

$$S = \frac{P_{\text{макс}}}{\sigma_{\text{р}}}\ \text{см}^2; \qquad S = \frac{P_{\text{макс}}}{\sigma_{\text{сж}}}\ \text{см}^2,$$

где $P_{\text{макс}}$ — наибольшая растягивающая или сжимающая сила, *кГ*;
$\sigma_{\text{р}}$ — допустимое напряжение на растяжение, *кГ/см²*;
$\sigma_{\text{сж}}$ — допустимое напряжение на сжатие, *кГ/см²*.

Сопротивление изгибу. Общая формула для расчета балок, подверженных изгибу,

$$M = \sigma_{\text{и}} \frac{J}{z} = \sigma_{\text{и}} W,$$

где M — изгибающий момент, *кГсм*;
$\sigma_{\text{и}}$ — допустимое напряжение на изгиб, *кГ/см²*;
J — момент инерции поперечного сечения балки относительно нейтральной оси, *см⁴*;
W — момент сопротивления балки, *см³*;
z — расстояние от наиболее вытянутого или сжатого волокна до нейтральной оси, *см*.

Таблица 7

Величины моментов инерцин н моментов сопротивления для некоторых форм поперечного сечения

Форма поперечного сечения	Момент инерции J_x (в $см^4$)	Момент сопротивления $W_x = \frac{J}{z}$ (в $см^3$)	Расстояние от наиболее вытянутого или сжатого волокна до нейтральной оси $(x - x)$ z (в $см$)
X—X, h, b	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{bh^2}{6}$	$\frac{h}{2}$
X—X, r, D	$\frac{\pi D^4}{64} = \frac{\pi r^4}{4}$	$\frac{\pi r^3}{4}$	$\frac{D}{2}$
X—X, d, D	$\frac{\pi}{64}(D^4 - d^4) = \frac{\pi}{4}(R^4 - r^4)$	$\frac{\pi}{32}\left(\frac{D^4 - d^4}{D}\right) = \frac{\pi}{4}\left(\frac{R^4 - r^4}{R}\right)$	$\frac{D}{2}$
X—X, b, H, h, B	$\frac{BH^3 - bh^3}{12}$	$\frac{BH^3 - bh^3}{6H}$	$\frac{H}{2}$
X—X, B, h, b, H	$\frac{BH^3 - bh^3}{12}$	$\frac{BH^3 - bh^3}{6H}$	$\frac{H}{2}$

отсутствуют страницы
с 10 по 16

Продолжение табл. 10

Формулы	Обозначения
Потери на трение в подшипниках: скольжения $p_с \approx 9{,}81\mu G_в\ v_ц \cdot 10^{-3}$ *квт*; качения $p_к \approx 0{,}015 \frac{G_в\ v_ц}{D_ц}$ *квт*	$G_в$ — вертикальная нагрузка на один подшипник, *кг*; $d_ц$ — диаметр цапфы вала, *см*; $v_ц$ — окружная скорость цапфы вала, *м/сек*; $D_ц$ — диаметр круга, взятого по центрам шариков шарикоподшипника, *см*;
Количество масла для смазки подшипников скольжеиия (смазка под давлением) $Q_м \approx 0{,}6\delta(2d_в + l_д)\ v_ц$ *л/сек*	δ — вертнкальный зазор в подшипнике, *мм*; $d_в$ — внутренний диаметр подшипника, *см*; $l_д$ — рабочая длина подшипника, *см*;
Мощность на валу, необходимая для работы центробежного насоса, $P = \frac{\gamma Q_ц\ (H_ж + \Delta H_ж)}{3{,}67\eta_ц}$ *квт*	γ — удельный вес перекачиваемой жидкости; $Q_ц$ — производительность центробежного насоса, *м³/час*; $H_ж$ — напор жидкости, *м.* вод. ст. (сумма высот всасывания и нагнетания); $\Delta H_ж$ — падение напора в магистрали, *м*$_{вод.\ ст.}$;
Пересчет удельных потерь в активиой стали $p_0 \approx p_{10/50} \left(\frac{B_i}{10000}\right)^2 \left(\frac{f_i}{50}\right)^{1,3}$ *вт/кг*	$p_{10/50}$ — удельные потерн в активной стали (при индукции 10 000 *гс* и частоте 50 *гц*), *вт/кг*; B_i — индукция, *гс*; f_i — частота, *гц*, (в диапазове 10—100 *гц*)
Номинальный коэффициент полезиого действия $\eta_н$ электрической машииы $\eta_н = \left(1 - \frac{\sum p}{P_н + \sum p}\right) \cdot 100$ Для асинхронных двигателей потери равиы $\sum p = p_{к.з} + p_{х.х}$	$\sum p$ — суммарные потери при номинальной нагрузке, *квт*; $p_{к.з.}$; $p_{х.х.}$ — потери короткого замыкания и холостого хода, *квт*;



Продолжение табл. 10

Формулы	Обозначения
Количество тепла, выделяемое электрической машиной, $Q \approx \frac{0{,}24P_н (100 - \eta_н)}{\eta_н}$ *ккал/сек*	$Q_в$ — производительность вентилятора, *м³/час*; $\eta_ц$; $\eta_в$; $\eta_н$ — номинальные к. п. д. центробежного насоса, вентилятора и электрической машины, %;
Количество воздуха, необходимое для охлаждения электрической машины, $V = \frac{P_н (100 - \eta_н)}{23\eta_н}$ *м³/сек*	
Мощность на валу, необходимая для работы вентилятора, $P = \frac{Q_в H_в}{3{,}67\eta_в} \cdot 10^{-3}$ *квт*	$H_в$ — напор вентилятора, *мм* вод. ст.;
Поперечное сечение каналов и отверстий для подвода охлаждающего воздуха в электрическую машину $S_{кан} = \frac{q_в \sum p}{60v_в}$ *м²*	$q_в$ — количество воздуха в *м³/мин* на 1 *квт* потерь (в среднем 3—4 *м³/мин* на 1 *квт* потерь); $v_в$ — скорость воздуха, *м/сек* (при принудительной вентиляции 7,5—10 *м/сек*; при самовентиляции для средних машин, 5 *м/сек*);
Критическая скорость вращения ротора двухполюсного турбогенератора:* первая основная $n_1 = 300\sqrt{\frac{1{,}07}{f_{макс}}}$ об/мин; вторая $n_2 = (2{,}6 - 2{,}8)n_1$; $f_{макс} = k_1\varphi_0 l_{оп}$	φ_0 — угол прогиба ротора в градусах, равный сумме углов наклона обеих шеек вала к горизонтальной плоскости; k_1 — коэффициент при измерении углов уровнем „Геологоразведка" равен 0,0125, а уровнем Кука 0,0105; $f_{макс}$ — максимальный прогиб ротора в покое, *см* $l_{оп}$ — расстояние между опорными подшипниками, *м*;
Проверка контактных колец на механическую прочность: центробежная сила от собственного веса кольца	

* Скорость вращения ротора, при которой частота вынужденных колебаний (обусловленных неизбежной некоторой неуравновешенностью ротора) совпадает с частотой его собственных колебаний, называется критической скоростью.

Продолжение табл. 10

Формулы	Обозначения
$F = 1{,}1G_к r\left(\frac{n_1}{1000}\right)^2$ *кг*;	n_l — максимальная скорость вращения кольца, об/мин, r — радиус центра тяжести поперечного сечения кольца, *мм*; $G_к$ — вес контактного кольца, *кг*;
напряжение в контактном кольце на разрыв $\sigma_р = \frac{F}{2\pi s_к}$ *кГ/см²*	$s_к$ — поперечное сечение контактного кольца, *см²*;
Наибольшая ширина щетки для коллектора: по диаметру коллектора $b_щ \leqslant \frac{\pi D_к}{K}(u+1)$ *мм*;	$D_к$; $D_я$ — диаметр коллектора и якоря, *мм*; K — число коллекторных пластин; u — число секций в катушке якоря;
по ширине башмака дополнительного полюса $b_щ \leqslant \frac{D_к}{D_я} b_д$ *мм*	$b_д$ — ширина башмака дополнительного полюса, *мм*

Основные данные якорных обмоток машин постоянного тока. В зависимости от схемы соединений якорные обмотки делятся на два основных типа (табл. 11): петлевые (параллельные) и волновые (последовательные); все остальные типы обмоток являются производными от этих двух.

Приближенное определеине мощности машины постоянного тока. Если не известны номинальные данные машины, то ее мощность можно определить ориентировочно по средним допустимым величинам плотности тока в обмотке и линейной нагрузке якоря.

Плотность тока в обмотке якоря определяется по формуле

$$\Delta = \frac{I_н}{2acs}\ a/мм^2,$$

откуда

$$I_н = 2acs\Delta,$$

где $I_н$ — номииальный ток якоря, *а*;
a — число пар параллельиых ветвей;
c — число параллельных проводников;
s — сечение проводника, *мм²*.

Таблица 11

Типы и основные данные якорных обмоток машин постоянного тока

Типы якорных обмоток	Число пар параллельных ветвей a	Полный шаг по пазам y и шаг по коллектору $y_К$	Частичные шаги по пазам		Число секций u и коллекторных пластин K
			первый y_1	второй y_2	
Петлевая: $y = y_1 - y_2$					
простая	$a = p$	$y = y_К = \pm 1$	$y_1 = \frac{z}{2p} \pm b$	$y_2 = y_1 \pm 1$	$u = K = \frac{N}{2w}$
сложная	$a = mp$	$y = y_К = \pm m$		$y_2 = y_1 \pm m$	
Волновая: $y = y_1 + y_2$					
простая	$a = 1$	$y = y_К = \frac{z \pm 1}{p}$		$y_2 = y - y_1$	
сложная	$a = m$	$y = y_К = \frac{z \pm a}{p}$		$y_2 = y - y_1$	

Примечания: 1. В таблице приняты следующие обозначения: p — число пар полюсов; m — число простых петлевых (волновых) обмоток, из которых состоит сложнопетлевая (сложноволновая) обмотка. Для сложнопетлевых обмоток m чаще всего равно 2; z — число пазов; b — какое-либо целое число, подставляемое в формулу, чтобы получить шаг, равный целому числу; N — число эффективных проводников обмотки якоря; w — число витков в секции.

2. Шаг уравнительных соединений: в петлевых обмотках

$$y_{ур} = \frac{K}{p} = \frac{K}{a};$$

в сложных волновых обмотках, если отношение $\frac{2p}{a}$ выражается нечетным числом,

$$y_{ур} = \frac{K}{a} - \frac{y_К}{z}.$$

3. Для симметрии якорных обмоток необходимо, чтобы u, K и z без остатка делились на a и отношение $\frac{N}{z}$ было целым числом.

Таблица 12

Средние значения плотностей тока и линейных нагрузок в электрнческих машинах постоянного тока (без компеисационных обмоток, нормального исполнения)

Категория электрических машин	Плотность тока (в $a/мм^2$)				Линейная нагрузка (в $a/см$)
	в обмотке якоря	в параллельной обмотке	в последовательной обмотке	в обмотках дополнительных полюсов	
Машины мощиостью от 0,5 до 200 *квт* при скорости вращеиия от 750 до 1500 об/мии в открытом или защищеииом исполнеиии с веитилятором иа валу	4,5-5,5	2-2,5	2,5-3,0	3,0-3,5	(0,8—1,2)D*
Машины мощиостью от 200 до 1000 *квт* при скорости вращеиия от 500 до 1000 об/мии в открытом исполиеиии с самовеитиляцией	4,0-5,5	1,8-2,5	2,0-3,0	2,5-3,5	350-450
Машины мощиостью до 500 *квт* при скорости вращения от 100 до 400 об/мии в открытом исполнении	3,5-4,5	1,5-2,0	2,0-2,5	2,5-3,0	300-400
Машины малой мощиости с диаметром якоря до 150 *мм* в закрытом исполнении без обдува поверхности	2,5-4	1,5-2,0	1,5-2,0	2,0-3,0	-
Машины с диаметром якоря до 500 *мм* в закрытом исполнеиии без обдува поверхиости	1,5-2,5	1,0-1,5	1,0-1,5	1,0-2,2	-

Величины a, c, s определяем с иатуры, а плотность тока Δ в первом приближеиии выбираем в зависимости от исполиеиия машины, системы и интенсивиости вентиляции по табл. 12. При этом чем больше машииа, чем выше ее скорость и чем ииже ее иоминальное иапряжение, тем более высокие значеиия плотиости тока нужно принимать в якориых обмотках.

Чтобы избежать грубых ошибок при определеиии номииальиого тока машины, рекомендуется проверять и корректировать полученную величину тока по лииейиой иагрузке якоря.

*D — диаметр якоря, *мм*.

Линейная нагрузка якоря AS численно равна произведению тока в параллельной ветви $\frac{I_н}{2a}$ на число эффективных проводников обмотки якоря N, отнесенному к полной длине окружности якоря πD,

$$AS = \frac{I_н N}{2a\pi D} \; a/см.$$

Линейная нагрузка якоря должна быть в пределах средних величин (табл. 12), соответствующих данному типу машин.

Определив окончательно значение номинального тока $I_н$, задаемся величиной номинального напряжения машины $U_н$ с учетом максимально допустимого напряжения $e_к$ между двумя соседними пластинами коллектора

$$e_к = 2\frac{2p}{K} U_н в,$$

где p — число пар полюсов;
K — число коллекторных пластин.

Чтобы не было искрения щеток на коллекторе, величина $e_к$ не должна превышать:

для малых двухполюсных машин —80 *в*;

для нормальных четырехполюсных машин малой и средней мощности —35 *в*;

для быстроходных машин средней мощности —30—35 *в*;

для крупных машин —25—30 *в*;

По найденному току $I_н$ и напряжению $U_н$ определяем номинальную мощность машины

$$P_н = I_н U_н \cdot 10^{-3} \; квт.$$

Расчет полюсной катушки параллельного возбуждения. Ток возбуждения $I_в$ принимаем равным

$$I_в \approx (0{,}03 - 0{,}05)\, I_н \; a,$$

тогда омическое сопротивление всех катушек параллельного возбуждения равно

$$R_в = \frac{U_н}{I_в} \; ом.$$

При n катушках сопротивление одной катушки будет

$$r = \frac{R_в}{n} \; ом.$$

Длину обмоточного провода на одну катушку определяем по формуле

$$L = \frac{rs}{\rho} \text{ м},$$

где ρ — удельное сопротивление обмоточного провода, *ом·мм²/м*,
s — площадь поперечного сечения провода, *мм²*

Изменение числа оборотов машины постоянного тока. Число оборотов машины постоянного тока определяется по формуле

$$n = \frac{60aE \cdot 10^8}{pN\Phi} \text{ об/мин},$$

где E — э.д.с. машины, *в;*
Φ — магнитный поток, *мкс.*

Из формулы видно, что, увеличивая число оборотов машины, необходимо во столько же раз уменьшать и число проводников в обмотке якоря. А чтобы сохранить прежнюю мощность машины, нужно пропорционально увеличить сечение проводников. Из-за недостатка места не всегда удается увелнчить сечение проводников в пазу якоря. Так, в средних и крупных машинах с одновитковыми жесткими секциями, чтобы увеличить сечение проводников в пазу якоря, необходимо изменить тип обмотки.

Основные данные обмоток машин переменного тока. В зависимости от конструктивного исполнения статорные обмотки машин переменного тока подразделяются на два основных типа (табл. 13): однослойные и двухслойные обмотки.

По схеме двухслойные обмотки, так же как и якорные, выполняются петлевыми и волновыми.

Роторные обмотки, в свою очередь, подразделяются на короткозамкнутые — в виде беличьей клетки (одно- и двухклеточные) и фазные — по типу статорных, главным образом, волновых двухслойных стержневых обмоток.

Приближенный поверочный расчет аснхронного двигателя при перемотке. До выполнения приближенного поверочного расчета асинхронного двигателя прежде всего определяем с натуры следующие величины по статору и ротору:

D — наружный и внутренний диаметр активной стали статора, *мм;*
D — наружный диаметр активной стали ротора, *мм;*
$п_2$ — полная осевая длина активной стали (с вентиляционными каналами с изоляцией) статора и ротора, *мм;*
$n_к$ — число вентиляционных каналов статора;
$b_к$ — ширина вентиляционных каналов статора, *мм;*
z_1; z_2 — число пазов статора и ротора;
$b_{п_1}$; $b_{п_2}$ — ширина паза статора и ротора, *мм;*
$h_{п_1}$; $h_{п_2}$ — полная глубина паза статора и ротора, *мм;*
$h_к$ — глубина паза статора без клиновой части, *мм;*
$b_з$ — ширина зубца статора в самом узком месте, *мм.*

Таблица 13

Типы и основные данные статорных обмоток машин переменного тока

Типы статорных обмоток	Число: параллельных ветвей в фазе $a_{макс}$	Число: катушек в параллельной ветви фазы b_a	Число: катушек b	Число: катушечных групп n_b	Число: катушек в группе $b_г$	Число: пазов между внутренними сторонами катушки $z_в$	Средняя длина полувитка (ориентировочно) l_c (в *см*)
Однослойные	$a_{макс} = p$	$b_a = \frac{z}{2ma}$	$b = \frac{z}{2}$	$n_b = pm$	$b_г = q$	$z_в = 2q$	$l_c = l_п + \frac{1{,}2 z y_п}{p}$
Двухслойные							
q равно целому числу	$a_{макс} = 2p$	$b_a = \frac{z}{ma}$	$b = z$	$n_b = 2pm$	$b_г = q$	—	$l_c = l_п + \frac{0{,}9 z y_п}{p}$
q равно дробному числу					$b_г \neq q$	—	

Примечания: 1. В таблице приняты следующие обозначения:
p — число пар полюсов;
z — число пазов статора;
m — число фаз;
q — число пазов на полюс и фазу;
$l_п$ — полиая длина активной стали статора, *см*;
$y_п$ — шаг в долях от полюсного деления.

2. При нечетном p однослойная катушечная обмотка невыполнима, если $a = 2$.

3. Однослойная цепная обмотка невыполнима при шаге обмотки по пазам, равном четному чнслу.

С учетом конструкцни изоляцин н габаритов двигателя предварительно принимаем величину фазного напряжения $U_{ф_1}$ и чнсло фаз m.

Затем определяем расчетные величины в таком порядке:

1. Число пар полюсов

$$p \cong \frac{B_{в} D_{в} l_0}{2B_{с} l_{ч} h_{с}},$$

где $B_{в}$ — магнитная индукция в воздушном зазоре (5500—9000 *гс*);
l_0 — длина активной стали статора без вентиляционных каналов, *мм*

$$l_0 = l_{п1} - n_{к} b_{к};$$

$B_{с}$ — магнитная индукция в спинке статора (11 000—15 000 *гс*);
$L_{ч}$ — чистая длина активной стали статора, *мм*

$$l_{ч} = k(l_{п1} - n_{к} b_{к});$$

$h_{с}$ — высота спинки статора, *мм*,

$$h_{с} = \frac{D_{н_1} - D_{в}}{2} - h_{п_1}.$$

Значения коэффициента k принимаем: если листы активной стали изолированы бумагой —k = 0,87—0,90, лаком — k = 0,90—0,93.

Правильность выбора числа пар полюсов проверяем по величине магнитной индукции в спинке статора

$$B_{с} = \frac{B_{в} D_{в} l_0}{2pl_{ч} h_{с}} = 11\,000 - 15\,000 \text{ гс}$$

и по величине магнитной индукции в зубцах

$$B_{з} = \frac{\pi B_{в} D_{в} l_0}{z_1 l_{ч} b_{з}} = 15\,000 - 16\,000 \text{ гс}.$$

2. Синхронную скорость вращения ротора при частоте 50 *гц*,

$$n_0 = \frac{3000}{p} \text{ об/мин.}$$

3. Число пазов на полюс и фазу

$$q = \frac{z_1}{2pm}.$$

Для обмоток асинхронных двигателей рекомендуется принимать q равным целому числу.

Для двухслойных секционных обмоток с дробным q (табл. 14) формула для определения числа пазов на полюс и фазу следующая:

$$q = b + \frac{c}{d} = \frac{bd + c}{d},$$

где b — целое число смешанной дроби;
$\frac{c}{d}$ — правильная дробь (знаменатель дроби по условию симметрии обмотки не должен быть кратным 3).

Таблица 14

Практически возможные дробные числа пазов на полюс и фазу в трехфазных обмотках электрических машин

Число оборотов в минуту	Число полюсов	Число пазов									
		21	27	33	39	45	51	57	63	69	75
3000	2	3 1/2	4 1/2	5 1/2	6 1/2	7 1/2	8 1/2	9 1/2	-	-	-
1500	4	1 3/4	2 1/4	2 3/4	3 1/4	3 3/4	4 1/4	4 3/4	5 1/4	5 3/4	6 1/4
1000	6	-	1 1/2	-	-	2 1/2	-	-	3 1/2	-	-
750	8	-	1 1/8	1 3/8	1 5/8	1 7/8	2 1/8	2 3/8	2 5/8	2 7/8	3 1/8
600	10	-	-	1 1/10	1 3/10	1 1/2	1 7/10	1 9/10	2 1/10	2 3/10	2 1/2
500	12	-	-	-	-	1 1/4	-	-	1 3/4	-	-

4. Число катушечных групп фазы, состоящих из b катушек,

$$n_b = \frac{2p}{a}\left(1 - \frac{c}{d}\right),$$

а состоящих из $b+1$ катушек

$$n_{b+1} = \frac{2p}{a} \cdot \frac{c}{d}.$$

5. Шаг обмотки по пазам y, равным полюсному делению τ (диаметральный шаг).

$$y = \tau = \frac{z_1}{2p};$$

для трехфазных обмоток

$$y = \tau = 3q.$$

Практически принимаем укороченный шаг, равный

$$y \cong 0{,}8 \cdot 3q \cong 2{,}4q \text{ (целое число).}$$

При укороченном шаге обмотки улучшается форма кривой э.д.с. и снижается на 10—15% расход меди на машину, так как сокращается длина лобовых соединений обмотки. Поэтому в практике электромашиностроения чаще применяются двухслойные обмотки, при которых удобно выбирать укороченные шаги (ширины секций), а также числа пазов на полюс и фазу.

6. Число эффективных витков в фазе статора (при частоте 50 *гц*)

$$w_1 = \frac{0{,}225\ U_{ф_1} \cdot 10^8}{k_{w_1} B_с\ l_ч\ h_с},$$

где k_{w_1} — обмоточный коэффициент (табл. 15).

Таблица 15

Обмоточные коэффициенты трехфазных обмоток электрических машин

Число катушек в катушечной группе	Коэффициент распределения	Коэффициент укорочения шага обмотки (в долях единицы)									
		0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
1	1,000	0,997	0,988	0,972	0,951	0,924	0,891	0,853	0,809	0,760	0,707
2	0,966	0,963	0,954	0,939	0,919	0,893	0,861	0,824	0,781	0,734	0,676
3	0,960	0,957	0,948	0,933	0,913	0,887	0,855	0,819	0,777	0,730	0,672
4	0,958	0,955	0,947	0,931	0,911	0,885	0,854	0,817	0,775	0,728	0,671
7-5	0,957	0,954	0,946	0,930	0,910	0,884	0,853	0,816	0,774	0,727	0,670
8	0,956	0,953	0,945	0,929	0,909	0,883	0,852	0,815	0,773	0,727	0,669
9 и более	0,955	0,952	0,944	0,928	0,908	0,882	0,851	0,815	0,773	0,726	0,668

7. Среднюю длину витка жесткой секции обмотки статора

$$l_ж = 2\,(l_{л.ж} + l_{п_1})\ мм,$$

где $L_{л.ж}$ — длина одной лобовой части жесткой секции, *мм*;

$$l_{л.ж} = \frac{\pi\,(D_в + h_{п_1})\,\beta}{2p\sqrt{1 - \left(\frac{b_{п_1} + \delta_{з_1}}{t_{з_1}}\right)^2}} + 2M + h_k\ мм,$$

где M — вылет обмотки статора, *мм* (табл. 16);

β — укорочение шага обмотки

$$\beta = \frac{2p}{z_1}\,y;$$

$t_{з_1}$ — зубцовое деление в расточке статора

$$t_{з_1} = \frac{\pi D_в}{z_1}\ мм;$$

$\delta_{з_1}$ — минимальный зазор между секциями в лобовой части, *мм* (табл. 16);

Таблица 16

Средние значения $\delta_{з_1}$ и M

Величины (в *мм*)	Напряжение (в *в*)				
	0—2300	2301—4000	4001—6600	6610—10 000	выше 10 000
$\delta_{з_1}$	2,5-4,5	4,5-5,0	6,5	8,0-10,0	11,5
M	25-45	45	45	60-70	70

8. Среднюю длину внтка мягкой секцин обмотки статора

$$l_{м} = 2\,(l_{л.м} + l_{п_1})\ мм,$$

где $L_{л.м}$ — длина одной лобовой части мягкой секции

$$l_{л.м} = k_{н}\,\tau_{у} + C\ мм;$$

$\tau_{у}$ — средняя шнрина секцни

$$\tau_{у} = \frac{\pi\,(D_{в} - h_{п_1})\,y}{z_1}\ мм.$$

Значения коэффициентов $k_{н}$ н постоянной велнчины C выбираются по табл. 17.

Таблица 17

Среднне значения $k_{н}$ и C

$2p$	При намотке сердечника вне станины		При намотке сердечника, запрессованного в станину	
	$k_{н}$	C (*в мм*)	$k_{н}$	C (*в мм*)
2	1,25	20	1,30	30
4	1,30	20	1,35	30
6	1,40	20	1,45	30
8	1,50	20	1,55	30

9. Длину стержня обмоткн ротора

$$l_{р} = l_{л.р} + l_{п_2}\ мм,$$

где $L_{л.р}$ — длнна лобовых частей стержня ротора

$$l_{л.р} = \frac{\pi(D_{н_2} - h_{п_2})}{2p\sqrt{1-\left(\frac{b_{п_2}+1{,}5}{t_{з_2}}\right)^2}} + 100\ мм,$$

где $t_{з_2}$ — зубцовое деление ротора

$$t_{з_2} = \frac{\pi \left(D_{н_2} - 2h_{п_2}\right)}{z_2} \; мм.$$

10. Число эффективных проводников в пазу статора (при трехфазной обмотке)

$$N_п = \frac{27 U_{ф_1} p \cdot 10^7}{B_в \, z_1 \, D_в \, l_0 \, k_{w_1}} \text{ (целое число).}$$

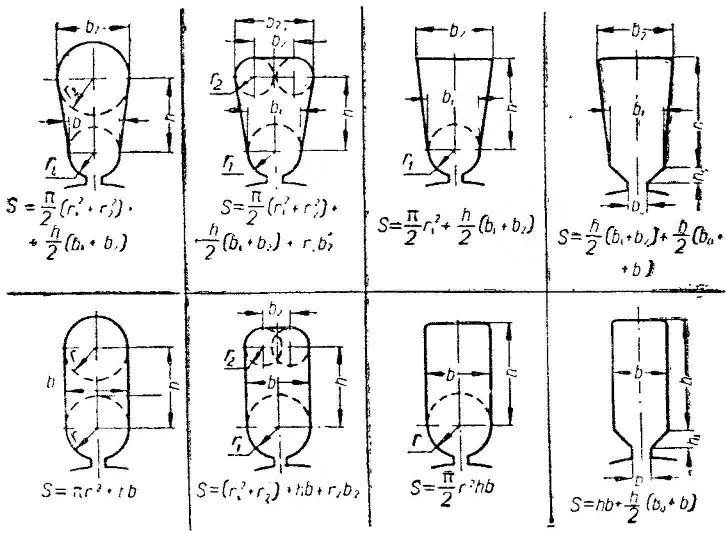


Рис. 1. Наиболее употребительные формы полузакрытых пазов.

11. Поперечное сечение одного проводника с изоляцией

$$S_и = \frac{k_п \, S_п}{N_п} \; мм,$$

тогда диаметр одного проводника с изоляцией определяем по формуле

$$d_и = 1{,}13 \sqrt{\frac{k_п \, S_п}{N_п}} \; мм,$$

где $k_п$ — коэффициент заполнения паза;

$S_п$ — площадь поперечного сечения паза (рис. 1) за вычетом площади клина и пазовой изоляции, $мм^2$;

Для электрических машин напряжением до 500 *в* с жесткими шаблонными секциями, с изоляцией класса *А*, $k_п$ принимают равным 0,46—0,55; с мягкими всыпными секциями для двухслойных обмоток с трапецевидным пазом — 0,33—0,40, а овальной формой — 0,37 —

0,45. Меньшие цифры $k_п$ принимают для электродвигателей малой мощности.

В практике поверочных расчетов электрических машин до 500 *в*, с мягкими всыпными секциями, пользуются также некоторым условным выражением для коэффициента заполнения паза

$$k_{п_у} = \frac{N_п d_и^2}{S_п} \leqslant 0{,}75.$$

Заполнение паза считается хорошим, если $k_{пу}$ близок к 0,75.

12. Диаметр голого проводника (округляем до ближайшего меньшего стандартного значения)

$$d_г = d_и - \delta_и \ мм,$$

где $\delta_и$ — двусторонняя толщина изоляции, *мм*.

Для малых электродвигателей мощностью до 10 *квт* следует применять обмоточные провода диаметром не более 1,5 *мм* (без изоляции).

Для электродвигателей свыше 100 *квт* — не более 2,1 *мм*.

Если расчетные диаметры получаются больше указанных, необходимо выполнять обмотку прямоугольным проводом или же в несколько параллельных круглых проводников. В этих случаях также желательно выполнять обмотку с параллельными ветвями.

13. Фазный ток статора

$$I_{ф_1} = \frac{\pi d_г^2}{4} \Delta a,$$

где Δ — плотность тока, *а/мм*² (по табл. 18)
(ток холостого хода определяем по табл. 19).

14. Номинальная мощность электродвигателя

$$P_н \approx 3U_{ф_1} I_{ф_1} \cos\varphi \cdot 10^{-3} \ квт.$$

Коэффициенты мощности $\cos\varphi$ и полезного действия η рекомендуется выбирать по табл. 18.

Таблица 18

Средние значения плотностей тока, к. п. д., $\cos\varphi$ асинхронных электродвигателей нормального исполнения

Мощность (в *квт*)	Синхронная скорость вращения (в об/мин)	Плотность тока в обмотках (в *а/мм*)		Практические пределы величин	
		статора	ротора	к. п. д. η	$\cos\varphi$
0,1-1	3000	4,4-4	6,7-5,8	0,70-0,81	0,70-0,80
1,1-7,5	1500	4 -3,7	5,8-5,1	0,80-0,86	0,80-0,85
7,6-25	1000	3,7-3,5	5,1-4,8	0,86-0,89	0,83-0,88
26-100	750	3,5-3,3	4,8-4,5	0,88-0,91	0,87-0,91
101-1000	500	3,2	4,5-4,4	0,92-0,93	0,90-0,93
Более 1000	300	3	4,4-4,2	0,93-0,94	0,93

Таблица 19

Средние значения токов холостого хода асинхронных электродвигателей в долях от номинального тока

Мощность (в *квт*)	Синхронная скорость вращения (в об/мин)					
	3000	1500	1000	750	600	500
0, 1-0,5	0,55	0,70	0,80	0,90	0,95	-
0,51-1	0,40	0,55	0,60	0,65	0,85	0,90
1, 1-5	0,35	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
5, 1-10	0,25	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65
10, 1-25	0,20	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
25, 1-50	0,18	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55
50, 1-100	-	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45

Примечание. Для крановых электродвигателей величины тока холостого хода выше указанных в этой таблице в 1,3—1,4 раза.



РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

КОНСТРУКЦИОННЫЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

§ 4. СТАЛЬ КОНСТРУКЦИОННАЯ И СПЕЦИАЛЬНАЯ

Стальной прокат различных профилей используется при ремонте электрических машин для изготовления сварных конструкций, приспособлений, некоторых деталей и т. п.

Механические свойства углеродистой стали обыкновенного качества показаны в табл. 20.

Наиболее употребительные сорта стального проката приведены в табл. 23.

В табл. 21—25 приведены механические свойства и химический состав высокопрочных специальных сталей, из которых изготовляются массивные и проволочные роторные бандажи (магнитные и немагнитные), а также спиральные пружины.

Таблица 20

Нормы механических свойств углеродистой стали обыкновенного качества (по ГОСТ 380—57) группы I

Марка стали	Предел прочности при растяжении (в *кГ/мм²*)	Предел текучести при растяжении (в *кГ/мм²*)	Относительное удлинение не менее (в %)	
			для длинного образца	для короткого образца
Ст.1	32-40	-	28	33
Ст.2	34-42	21-22	26	31
Ст.3	40-50	23-25	21-23	25-27
Ст.4	42-52	24-26	19-21	23-25
Ст.5	50-62	27-29	15-17	19-21
Ст.6	60-72	30-32	11-13	14-16
Ст.7	70-79	-	9	12

Примечание. Основными гарантируемыми характеристиками свойств стали группы I являются: предел прочности, предел текучести и относительное удлинение при статическом растяжении.

Таблица 21

Механические свойства специальных сталей, применяемых для массивных роторных бандажей турбогенераторов (мощностью менее 100 *мгвт*)

Наименование	Категория бандажных колец		
	I	II	III
Предел прочности, *кГ/мм*^{2}	75	85	95
Предел текучести, *кГ/мм*^{2}	60	72	85
Относительное удлинение	20	18	16
Относительное сжатие (факультативно), %	35	30	30
Изгиб:			
диаметр оправки, *мм* . .	30	40	40
угол загиба, град. . . .	150	150	150

Примечание. Превышение фактического предела прочности над фактическим пределом текучести на тех же образцах должно быть не менее 7 *кГ/мм*^{2}, при фактическом пределе текучести свыше 95 *кГ/мм*^{2}— не менее 6 *кГ/мм*^{2}.

Таблица 22

Химический состав специальных высоколегированных сталей, применяемых для изготовления массивных роторных бандажей турбогенераторов (мощностью менее 100 *мгвт*)

Содержание элементов (в %)	Бандажное кольцо из магнитной стали ОХН3М	Бандажное кольцо из немагнитной стали	Центрирующее кольцо из магнитной стали ОХМ
Углерод	0,3 —0,38	0,58—0,71	0,3 —0,38
Кремний	0,17 —0,37	до 0,5	0,15—0,35
Марганец	0,4 —0,7	7,5 —9,5	0,4 —0,7
Хром	0,7 —1,0	3,0 —4,0	0,9 —1,3
Никель	2,75 —3,25	7,5 —9,0	—
Молибден	0,2 —0,3	—	0,2 —0,3
Вольфрам	—	0,5 —1,0	—
Примеси: сера, не более . .	0,035	0,03	0,04
фосфор, не более	0,035	0,04	0,04

Примечание. Химический состав и допустимые отклонения (по химическому составу), кроме серы и фосфора, уточняются главным металлургом завода-поставщика.

Сортамент

Круглая (по ГОСТ 2590—57)		Квадратная (по ГОСТ 2591—57)		Полосовая (по ГОСТ 103—57)			Тонколистовая (по ГОСТ 3680—57)			
Диаметр (в *мм*)	Вес 1 *пог. м* (в *кг*)	Размер стороны квадрата (в *мм*)	Вес 1 *пог. м* (в *кг*)	Ширина (в *мм*)	Толщина (в *мм*)	Вес 1 *пог. м* (в *кг*)	Толщина (в *мм*)	Длина и ширина (в *мм*)	Вес листа (в *кг*)	№ профиля
5	0,15	10	0,79	12	4	0,38	0,9	600×1200	5,65	2,0
5,6	0,19	12	1,13	12	5	0,47	0,9	670×1200	6,96	2,0
6	0,22	16	2,01	16	4	0,50	1,0	710×1420	7,91	2,5
6,3	0,25	20	3,14	16	6	0,75	1,0	1000×2000	15,70	2,5
7	0,30	22	3,80	16	8	1,00	1,2	710×1420	9,89	3,2
8	0,40	25	4,91	20	4	0,63	1,2	1000×2000	19,63	3,2
9	0,50	28	6,15	20	6	0,94	1,5	710×1420	11,87	3,6
10	0,62	30	7,06	20	8	1,26	1,5	1000×2000	23,55	3,6
12	0,89	32	8,04	20	10	1,57	1,5	1250×2500	36,80	4,0
14	1,21	36	10,17	25	4	0,79	2,0	710×1420	15,82	4,0
16	1,58	38	11,24	25	6	1,18	2,0	1000×2000	31,40	4,5
17	1,78	40	12,56	25	8	1,57	2,0	1250×2500	49,06	4,5
19	2,23	45	15,90	25	10	1,96	2,5	710×1420	19,78	4,5
20	2,47	50	19,53	25	12	2,36	2,5	1000×2000	39,25	5,0
22	2,98	56	24,61	30	4	0,94	2,5	1250×2500	61,33	5,0
24	3,55	60	28,26	30	8	1,88	3,0	710×1420	-	5,0
25	3,85	65	33,17	30	12	2,83	3,0	1000×2000	-	6,3
36	4,17	70	38,47	30	16	3,70	3,0	1250×2500	-	6,3
30	5,55	75	44,16	40	4	1,26	-	-	-	6,3
32	6,31	80	50,24	40	8	2,51	-	-	-	7,0
50	15,42	85	56,72	40	12	3,77	-	-	-	7,0
60	22,19	90	63,59	50	4	1,57	-	-	-	7,0
65	26,05	95	70,85	50	8	3,14	-	-	-	7,5
70	30,21	100	78,50	50	12	4,71	-	-	-	7,5
75	34,68	110	95,00	60	10	4,71	-	-	-	10,0

Таблица 23

прокатной стали

Угловая равнобокая (по ГОСТ 8509—57)			Балки швеллерные (по ГОСТ 8240—56)					Балки двутавровые (по ГОСТ 8239—56)				
Размеры полки (в *мм*)		Вес 1 *пог. м* (в *кг*)	№ профиля	Размеры (в *мм*)			Вес 1 *пог. м* (в *кг*)	№ профиля	Размеры (в *мм*)			Вес 1 *пог. м* (в *кг*)
Наружная ширина	Толщина			Высота	Наружная ширина полки	Толщина			Высота	Полная ширина полки	Толщина	
20	3	0,89	5	50	37	4,5	5,42	10	100	70	4,5	11,1
20	4	1,15	6,5	65	40	4,5	6,50	12	120	75	5,0	13,0
25	3	1,43	8	80	43	5,0	7,78	14	140	82	5,0	14,8
25	4	1,86	10	100	48	5,3	9,20	16	160	90	5,0	16,9
32	3	1,46	12	120	53	5,5	10,80	18	180	95	5,0	18,7
32	4	1,91	14	140	58	5,0	12,30	20	200	100	5,2	20,7
36	3	1,65	14а	140	52	5,0	13,20	20а	200	110	5,2	22,2
36	4	2,16	16	160	64	5,0	14,10	22	220	110	5,3	23,7
40	3	1,85	16а	160	68	5,0	15,10	22а	220	120	5,3	25,4
40	4	2,42	18	180	70	5,0	16,10	24	240	115	5,6	27,3
45	3	2,08	18а	180	74	5,0	17,20	24а	240	125	5,6	29,4
45	4	2,73	20	200	76	5,2	18,40	27	270	125	6,0	31,5
45	5	3,37	20а	200	80	5,2	19,60	27а	270	135	6,0	33,9
50	3	2,32	22	220	82	5,3	20,90	30	300	135	6,5	36,5
50	4	3,05	22а	220	87	5,3	22,50	30а	300	145	6,5	39,2
50	5	3,77	24	240	90	5,6	24,00	33	330	140	7,0	42,2
63	4	3,90	24а	240	95	5,6	25,80	40	400	155	8,0	56,1
63	5	4,81	27	270	95	6,0	27,70	-	-	-	-	-
63	6	5,72	30	300	100	6,5	31,80	-	-	-	-	-
70	5	5,38	40	400	115	8,0	48,30	-	-	-	-	-
70	6	6,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70	7	7,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75	5	5,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75	9	10,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	10	15,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 24

Механические свойства стальной луженой бандажной проволоки (по ОСТ 20021—38)

Характеристика	Материал									
	Магиитная сталь средией твердости			Магиитная сталь твердая				Немагнитная сталь		
Диаметр, *мм*	2,0	1,5	1,0	2,0	1,5	1,0	0,5	3,0	2,0	1,5
Предел текучести, $кГ/мм^2$	100,0	110,0	120,0	130,0	145,0	155,0	165,0	135,0	140,0	150,0
Предел прочности, $кГ/мм^2$	120,0	130,0	140,0	150,0	170,0	180,0	180,0	150,0	155,0	165,0
Относительное удлинение (при диаметре до 1 *мм* расчетная длина равна 100 *мм*; при диаметре более 1 *мм* расчетная длина 200 *мм*), проц	5,0	4,0	3,0	4,0	3,0	2,0	1,5	1,6	1,6	1,4
Число изгибов (в обе стороны) при радиусе губок, равном двум диаметрам проволоки	11,0	10,0	9,0	9,0	8,0	8,0	7,0	6,0	8,0	8,0

П р и м е ч а н и е. Химический состав немагнитной стали в процентах: углерод 0,10—0,11; кремний 0,27—0,33; марганец 0,34—1,0; хром 17,2—9,66; никель 8,56—9,66, молибден 1,00—1,27; вольфрам 0,05.

Таблица 25

Механические свойства стальной пружинной проволоки (по ГОСТ 1546—53)

Диаметр (в *мм*)	Площадь поперечного сечения (в *мм*²)	Предел прочности (в *кГ/мм*²)		Вес 1000 *м* (в *кг*)
		Проволока марки ОВС	Проволока марки ВС	
0,5	0,196	210	190	1,54
0,6	0,283	210	190	2,22
0,8	0,503	200	180	3,95
1,0	0,785	190	175	6,17
1,2	1,131	180	165	8,88
1,4	1,593	180	165	12,10
1,5	1,767	180	165	13,90
1,6	2,011	180	165	15,80
1,8	2,545	175	155	20,00
2,0	3,142	175	155	24,70
2,5	4,909	170	145	38,50
3,0	7,069	165	130	55,50

Примечание. Проволоки марки ВС — высокого механического сопротивления, марки ОВС — особо высокого механического сопротивления предназначаются для намотки бандажей и спиральных пружин. Для этих же целей применяют менее прочную стальную углеродистую пружинную проволоку (по ГОСТ 5047—49).

§ 5. СТАЛЬ ЛИСТОВАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ

Характеристики тонколистовой электротехнической стали приведены в табл. 26. В электромашиностроении различные марки листовой электротехнической стали используются в качестве активных материалов для статоров и роторов машин.

Таблица 26

Тонколистовая электротехническая сталь (по ГОСТ 802—54)

Марка стали	Толщина (в *мм*)	Магнитная индукция (в *гс*) при напряженности магнитного поля (в *а/см*)					Удельные потери не более (в *вт/кг*)			Прежнее обозначение
		10	25	50	100	300	$p_{10/50}$	$p_{15/50}$	$p_{17/50}$	
Э11	1,0	-	15 000	16 200	17 500	19 700	5,8	13,4	-	Э1, Э1А
Э11	0,5	-	15 000	16 200	17 500	19 700	3,3	7,9	-	Э1, Э1А
Э12	0,5	-	14 900	16 100	17 400	19 600	2,8	6,8	-	Э1АБ; Э1АА; Э1ААБ
Э21	0,5	-	14 800	15 900	17 300	19 400	2,5	6,1	-	Э2, Э2Б
Э31	0,5	-	14 600	15 700	17 000	19 000	2,0	4,5	-	Э3, Э3А
Э31	0,35	-	14 600	15 700	17 000	19 000	1,6	3,6	-	Э3, Э3А
Э41	0,5	13 000	14 500	15 600	16 800	18 800	1,6	3,6	-	Э4, Э4А
Э41	0,35	13 000	14 500	15 600	16 800	18 800	1,35	3,2	-	Э4, Э4А
Э42	0,5	12 900	14 400	15 500	16 700	18 700	1,4	3,2	-	Э4АА
Э42	0,35	12 900	14 400	15 500	16 700	18 700	1,2	2,8	-	Э4АА
Э43	0,5	12 800	14 300	15 400	16 600	18 700	1,25	2,9	-	—
Э43	0,35	12 800	14 300	15 400	16 600	18 700	1,05	2,5	-	—
Э310	0,5	15 700	17 000	18 000	19 000	19 800	1,25	2,8	3,8	ХВП
Э310	0,35	15 700	17 000	18 000	19 000	19 800	1,00	2,2	3,2	ХВП

Примечания: 1. Расшифровка обозначений марок сталей: буква Э — электротехническая; первая цифра 1 — слаболегированная; 2 — среднелегированная; 3 — повышенно легированная; 4 — высоколегированная (чем больше цифра, тем выше относительное содержание кремния). Вторые цифры 1, 2 и (3 указывают иа то, что удельные потери гарантированы при перемагничивании сталей при частоте 50 *гц* и магнитной индукции в сильных полях. Третья цифра 0 указывает на то, что сталь холоднокатаная высокой магнитной проницаемости.

2. $p^{10}/_{50}$; $p^{15}/_{50}$; $p^{17}/_{50}$ — полные удельные потери (*вт/кг*) при максимальных значениях индукции 10 000, 15 000 и 170 000*гс*) и частоте 50 *гц*.

Основное назначение электротехнических сталей следующее:

слаболегированная сталь Э11, Э12 — для сердечников полюсов и статорных пакетов электрических машин малой и средней мощности;

среднелегированная сталь Э21 — для якорей двигателей постоянного тока;

повышенно легированная сталь Э31 — для крупных многополюсных и быстроходных электродвигателей, а также гидро-и турбогенераторов малой и средней мощности;

высоколегированная сталь Э42 и Э43 — для мощных гидро- и турбогенераторов;

сталь марки Э310 — для мощных силовых трансформаторов и аппаратуры с особо повышенными техническими требованиями.

Наиболее употребительная толщина перечисленных марок сталей 0,35—0,5 *мм*.

§ 6. ПРИПОИ И ФЛЮСЫ

Припои подразделяются на твердые — тугоплавкие с повышенной механической прочностью и мягкие — легкоплавкие. К твердым припоям относятся серебряные, латунные и медно-фосфорные. К мягким — оловянно-свинцовые и алюминиевые.

Технические характеристики и области применения твердых и мягких припоев, а также флюсы к ним приведены в табл. 27—33.

Таблица 27

Припои латунные (по ГОСТ 1534—42) и меднофосфорные (по ГОСТ 4554—48)

Марка припоя	Химический состав (в %)				Температура расплавления (в град.)	Примерное назначение
	Медь	Цинк	Фосфор	Примесей, не более		
Латунные припои ПМЦ 54	54±2	Остальное	—	0,6	870÷881	Для пайки меди, бронзы и стали
ПМЦ 36	36±2	То же	—	0,6	740÷807	Для пайки латуни, содержащей до 68 % меди
Фосфористая медь МФ-3	Остальное	—	7,0—8,5	1,0	710÷810	Для пайки меди и сплавов на медной основе, для пайки стали непригодна

Примечание. В качестве флюса применяется бура в порошке.

Таблица 28

Серебряные припои (по ГОСТ 8190—56)

Марка припоя	Химический состав (в %)					Температура расплавления (в град.)		Удельный вес	Примерное назначение
	Серебро	Медь	Цинк	Примесей, не более		Начало	Конец		
				Всего	В том числе свинец				
ПСр 10	10±0,3	53±1	$37^{+1,5}_{-2,0}$	0,5	0,15	815	850	8,45	Для пайки латуни
ПСр 25	25±0,3	40±1	$35^{+1,5}_{-2,0}$	0,5	0,15	745	775	8,7	Для пайкн бронзы и меди
ПСр 45	45±0,5	30±0,5	$25^{+1,0}_{-1,5}$	0,5	0,15	660	725	9,1	Для пайки ответственных соединений роторных и статорных обмоток крупных электрических машин
ПСр 65	65±0,5	20±0,5	$15^{+1,0}_{-1,5}$	0,5	0,15	-	-	-	
ПСр 70	70±0,5	26±0,5	4+1,0	0 5	0,15	730	755	9,8	

Примечания: 1. Припои всех марок выпускаются в виде полос и проволоки, за исключением припоя ПСр 10; припой этой марки выпускается только в виде полос.

2. В качестве флюса применяется бура в порошке.

Таблица 29

Основные свойства оловянно-свинцовых припоев (по ГОСТ 1499—54)

Наименование	Марка припоя					
	ПОС 90	ПОС 50	ПОС 40	ПОС 30	ПОС 18	ПОСС 4-6
Температура расплавления, град. (верхняя критическая точка)	222,00	209,00	235,00	256,00	277,00	265,00
Начало расплавления, град. (нижняя критическая точка)	183,00	183,00	183,00	183,00	183,00	245,00
Интервал затвердения, град.	39,00	26,00	53,00	73,00	94,00	20,00
Удельный вес . . .	7,57	8,87	9,31	9,69	10,23	10,70
Предел прочности при растяжении, *кГ/мм*²	4,30	3,60	3,20	3,30	2,80	5,90
Относительное удлинение, %	25,00	32,00	63,00	58,00	67,00	23,70
Ударная вязкость, *кГ/см*²	1,85	4,59	4,76	4,67	3,86	0,80
Предел прочности при срезе, *кГ/мм*² . . .	2,70	3,54	3,67	2,90	2,52	-
Предел пропорциональности при сжатии, *кГ/мм*²	3,50	2,90	2,80	2,80	2,30	-
Электропроводность от чистой меди, %	-	11,00	10,20	9,80	8,60	-
Жидкотекучесть (литье в песок), *см*	135,00	115,00	91,00	63,00	60,00	-
Твердость по Бринелю, *кГ/мм*²	13,00	15,60	12,60	10,10	10,60	14,20
Капиллярность, *мм*	-	23,80	23,80	25,40	14,00	-
Смачиваемость, *мм*²	-	966,00	1130,00	1038,80	640,00	-

Таблица 30

Химический состав и назначение мягких оловянно-свинцовых припоев (по ГОСТ 1499—54)

Марка припоя	Примесей, не более			Химический состав (в %)			Примерное назначение
	Медь	Висмут	Мышьяк	Олово	Свинец	Сурьма	
ПОС 90	0,08	0,1	0,05	89—90	Остальное	0,1—0,15	Для пайки обмоток и коллекторов, когда необходимы повышенная электропроводность места спая и жидкотекучесть припоя
ПОС 61	0,10	0,1	0,05	59—61	То же	До 0,8	

Продолжение табл. 30

Марка припоя	Примесей, не более			Химический состав (в %)			Примерное назначение
	Медь	Висмут	Мышьяк	Олово	Свинец	Сурьма	
ПОС 50	0,10	0,1	0,05	49-50	Остальное	До 0,8	Для пайки проволочных бандажей быстроходных машин
ПОС 40	0,10	0,1	0,05	39-40	То же	1,5-20,0	Для пайки обмоток
ПОС 30	0,15	0,1	0,05	29-30	„	1,5-20,0	Для пайки обмоток и проволочных бандажей
ПОС 18	0,15	0,1	0,05	17-18	„	2,0-2,5	Заменитель припоя ПОС 40
ПОСС 4-6	0,15	0,1	0,05	3-4	„	5,0-6,0	Заменитель припоя ПОС 30

Примечание. При пайке и лужении токоведущих частей электрических машин в качестве флюса следует применять исключительно канифоль — твердую или растворенную в этиловом спирте. В остальных случаях можно применять хлористый цинк и твердый нашатырь.

Таблица 31

Расход оловянистого припоя (по даным завода «Электросила»)

Операции	Норма расхода припоя (в $г/см^2$)	Расчетная поверхность
Горячее лужение		
Лужение полос, заготовок, петушков, трубок, воздухо-, газо- и маслоохладителей, хомутиков, кабельных наконечников и других аналогичных деталей	0,030	Облуживаемая поверхность
То же, концов обмоток и хомутиков, шин	0,045	То же
То же, шлицев коллекторных ламелей	0,060	Поверхность шлица
То же, концов кабелей . . .	0,160	Облуживаемая цилиндрическая поверхность
То же, и пайка концов гибких шин	0,040	Суммарная облуживаемая поверхность

Продолжение табл. 31

Операции	Норма расхода припоя (в $г/см^2$)	Расчетная поверхность
Пайка		
Пайка ламелей с петушками в ванне	0,600	Поверхность шлица
То же, кабеля с наконечником	1,700	Цилиндрическая и торцовая поверхности наконечника
Пайка обмоток фазных роторов в ванне	0,70	Внутренняя поверхность хомутика
То же, паяльником обмоток малых машин:		
роторов	0,50	То же
якорей	0,55	»
То же, паяльником обмоток средних и крупных машин: . .		
роторов	0,80	»
якорей	0,90	»
То же, концов статорной обмотки малых и средних машин . .	0,90	»
То же, концов статорной обмотки крупных машин (катушечная обмотка турбо- и гидрогенераторов)	2,50	»
То же, компенсационной обмотки	1,60	»
То же, концов статорной обмотки стержневого типа	3,60	»
То же, постоянных бандажей	0,12	Наружная поверхность бандажа кождого слоя
То же, временных бандажей .	0,03	Наружная поверхность бандажа каждого слоя
Наращивание проводов у шунтовых катушек	2,50	Поверхность слоя
Пайка трубок воздухоохладителей ⌀ 19/17 при 140 спиралях на 1 *пог. м* длины навитой части трубы	250 *г* на 1 *пог. м* длины	

Продолжение табл. 31

Операции	Норма расхода припоя (в $г/см^2$)	Расчетная поверхность
Пайка трубок газоохладителей ∅ 19/17 при 200 спиралях на 1 *пог. м* длины навитой части трубы	350 *г* на 1 *пог. м* длины	

Примечания: 1. При подсчете расхода припоя на лужение концов, полос облуживаемую длину нужно увеличить на 10 *мм* против размеров, указанных на чертеже.

2. Норму расхода припоя на лужение и пайку деталей, отличных от нормального исполнения, нужно определять в каждом отдельном случае.

Таблица 32

Припои для пайки алюминия

Марка припоя	Химический состав (в %)						Температура расплавления (в град.)	Назначение
	Алюминий	Кадмий	Медь	Кремний	Олово	Цинк		
Авиа-2	1-6	20	-	-	40,0	24	-	Для пайки алюминиевых шин и проводов
ЦА-15	15	-	-	-	-	85	435	
Припой ВЭИ ЦО-43	-	-	1,5	-	43,5	55	500	Для лужения алюминиевых проводов и шин, соединяемых с медными проводниками
Припой МКсЦО-12	-	-	-	-	12,0	88	420	
Припой ЗЧА	65-70	-	25,0—30,0	4,7	-	-	-	Для пайки ответственных соединений алюминиевых проводников
Припой для пайки алюминия	67	-	12,0	-	21,0	-	-	—

Продолжение табл. 32

Марка припоя	Химический состав (в %)						Температура расплавления (в град.)	Назначение
	Алюминий	Кадмий	Медь	Кремний	Олово	Цинк		
Припой для пайки меди к алюминию	-	24	-	-	36,0	40	-	

Таблица 33

Флюсы для пайки и сварки алюминия

Наименование	Состав флюса	Содержание по весу (в %)
Флюс для пайки КМ-1	Хлористый калий	45
	» барий	20
	» натрий	20
	Фтористый натрий	15
Флюс для пайки и сварки алюминия	Криолит	55
	Хлористый натрий	45
Флюс для сварки № 1	Фтористый калий (или натрий)	8—12
	Хлористый литий	25—35
	» цинк	8—15
	» калий	Остальное
То же, № 2	» »	65
	» натрий	27
	Бисульфат калия	8

§ 7. ПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Основные характеристики проводниковых материалов. В электромашиностроении медь является важнейшим из всех проводниковых материалов. По электропроводности чистая медь уступает лишь серебру.

Для электротехнических целей как исходный материал применяется электротехническая медь (табл. 34) двух марок: МО—для проводников тока и сплавов высокой чистоты и М1 — для проводников тока, проката и высококачественных бронз, не содержащих олова.

Таблица 34

Медь электротехническая (по ГОСТ 859—41)

Марка меди	Медь, не менее (в %)	Содержание примесей, не более (в %)		
		Висмут	Сурьма	Всего примесей
М0	99,95	0,002	0,002	0,05
М1	99,90	0,002	0,002	0,10

Ценные свойства меди заметно ухудшаются при наличии вредных примесей. Так, например, при содержании вредных примесей висмута 0,02% — медь красноломкая, при 0,05% — холодноломкая. Механические и электрические свойства меди, кроме того, зависят от термообработки.

Кратковременным отжигом меди (в течение 3 мин.) при температуре 500° полностью уничтожают последствия наклепа — жесткость и восстанавливают нормальные физические свойства. После отжига электропроводность меди повышается на 2—3%. При температуре 200° отжиг должен быть увеличен до 240 мин. [22].

В качестве проводниковых материалов в электромашиностроении применяют также сплавы на медной основе — бронзу и латунь (табл. 35).

Бронза и латунь по сравнению с медью имеют значительно меньшую электропроводность, однако эти сплавы обладают повышенной механической прочностью, хорошо отливаются и обрабатываются штамповкой, глубокой вытяжкой и т. п.

Вторым после меди проводниковым материалом является алюминий. Алюминий нормальной чистоты (ГОСТ 3549—55) марок А1 и А2 применяется в электромашиностроении для заливки короткозамкнутых роторов и как конструкционный материал.

Основные характеристики проводниковых материалов и сплавов приведены в табл. 36 и 37.

Таблица 35

Бронза (по ГОСТ 493—54) и латунь (по ГОСТ 1019—47)

Марка сплвва	Химический состав (в %)						Удельное сопротивление (в $ом \times мм^2/м$)	Примерное назначение
	Алюминий	Медь	Марганец	Цинк	Железо	Кремний		
Бронза								
Бр. АМц 9-2	8-10	Остальное	1,5-2,5	-	-	-	0,19-0,20	Токоведущие шпильки, гайки, шайбы и т. п.
Бр. АМц 10-2	9-11	То же	1,5-2,5	-	-	-	-	Щеткодержатели и другое фасонное литье
Бр. АЖМц 10-3-1,5	9-11	»	1,0-2,0	-	2-4	-	-	Для контактных колец
Латунь								
Л68	-	67-70	-	Остальное	-	-	0,07	Беличьи клетки короткозамкнутых роторов, контактные кольца
ЛК 80-3	-	79-81	-	То же	-	2,5-4,5	0,20	Щеткодержатели и другое фасонное литье
ЛМцС 58-2-2	-	57-60	1,5-2,5	»	-	-	0,11	Подшипники, втулки и другие антифрикционные детали

Таблица 36

Основные характеристики проводниковых материалов

Наименование материалов	Удельный вес	Удельное электрическое сопротивление при 20° (в $ом \times мм^2/м$)	Температурный коэффициент (от 0 до 100°)		Температура расплавления (в град.)	Предел прочности на разрыв (в $кГ/мм^2$)	Теплопроводность (в $вт/см \times час$ 1°)	Удельная теплоемкость (от 0 до 100°) (в $вт\text{-}с/град \times кг$)	Твердость по Бринелю (в $кГ/мм^2$)
			сопротивления на 1°	линейного расширения на $1° \times 10^{-3}$					
Алюминий	2,7	0,0297	0,0040	0,024	657	14-22	2,0-2,1	910	20
Альдрей	2,8	0,031-0,035	0,0036	0,023	1100	32-38	-	-	35
Бронза	8,3-8,9	0,021-0,04	0,004	0,018	900	50-60	1,05	420	60-70
Вольфрам	18,7-20	0,055	0,005	0,0045	3400	200-415	0,92	138	350
Графит	1,9-2,3	13,5	0,008	-	-	-	-	950	-
Константан	8,9	0,4-0,5	0,00005	0,015	1270 (450÷500)*	40-65	0,23	418	-
Латунь	8,4-8,7	0,05	0,002	0,018	960	30-32	1,09	393	60-100
Магний	1,74	0,0427	0,0038	0,026	651	20	-	1100	25
Манганин	8,4	0,4-0,48	0,000008	-	960 (250÷300)	55	0,42	418	-
Молибен	10,2	0,048	0,00473	-	2500	80-200	-	-	300

Медь	8,89	0,01754	0,00393	0,017	1083	25-40	3,85	393	35
Никель	8,9	0,072-0,12	0,0061	0,013	1451	40-45	0,586	460	80
Нихром-Х20Н80	8,4	1,02-1,27	0,00015	0,015	1400 (1050)	60-70	-	460	170
Олово	7,30	0,114	0,00439	0,026	232	2	4,84	234	5
Ртуть	13,54	0,958	0,00027	0,09	38,9	-	-	134	-
Сурьма	6,67	0,41	0,0037	-	630	-	-	230	-
Свинец	11,34	0,222	0,0044	0,029	327,4	1,2-2,3	0,347	130	4
Серебро	10,5	0,016	0,0036	0,019	960	18	0,042	234	25
Сталь	7,85	0,13-0,30	0,005	0,012	1500	45-150	0,586	502	40-100
Фехраль	7,6	1,2-1,4	0,0005	0,015	1450 (650)	58-65	-	-	90
Цинк	7,14	0,06	0,00390	0,029	419	30-15	1,11	420	30
Чугун	7,2	0,50	0,0009	0,0104	1200	15-20	0,5-0,6	430	-

Примечания: 1. Для твердых однородных тел температурный коэффициент объемного расширения $\beta=3\alpha$, где α—температурный коэффициент линейного расширения.

2. Для чистой электролитической меди при 20° удельное сопротивление $\rho=0{,}01692$ *ом·мм²/м*.

*Цифры, заключенные в скобки, означают наибольшую допустимую рабочую температуру.

Таблица 37

Зависимость температуры от тока нагрузки на 1 *м* нихромовой проволоки (в среде спокойного воздуха)

Диаметр (в *мм*)	200°		400°		600°		700°		800°		900°	
	*а**	*в***	*а*	*в*	*а*	*в*	*а*	*в*	*а*	*в*	*а*	*в*
0,3	0,47	7,80	0,81	14,5	1,21	22,0	1,55	27,2	1,8	33,0	2,05	37,0
0,4	0,68	6,40	1,25	12,0	1,90	18,7	2,25	22,5	2,7	27,3	3,12	31,5
0,5	0,92	5,40	1,75	10,2	2,65	17,0	3,15	20,0	3,7	24,3	4,30	28,0
0,6	1,22	5,14	2,35	9,1	3,40	15,0	4,10	18,3	4,8	21,7	5,70	25,5
0,7	1,55	4,80	2,90	8,5	4,19	13,6	5,13	16,8	6,0	19,9	7,15	23,8
0,8	1,9	4,50	3,50	8,2	5,16	12,7	6,30	15,7	7,1	18,7	8,85	22,5
0,9	2,33	4,30	4,12	7,9	6,23	12,1	7,60	14,9	9,0	17,9	10,75	21,5
1,0	2,76	4,20	4,80	7,5	7,40	11,8	9,00	14,4	10,7	14,3	12,50	20,5

Щетки для электрических машин приведены в табл. 38—40.

Таблица 38

Технические характеристики щеток электрических машин (по ГОСТ 2332—43)

Группа щеток	Марка	Номинальная плотность тока (в *а/см²*)	Максимальная окружная скорость (в *м/сек*)	Удельное давление (в *г/см²*)	Удельное сопротивление (в *ом · мм²/м*)	Износ за 50 час. работы при окружной скорости 15 *м/сек*, не более (в *мм*)
Угольно-графитные	Т2, Т6	6	10	200-250	40-60	0,1
	УГ2	8	15	200-250	18-30	0,3
Графитные	УГ4	7	12	200-250	26-38	0,3
	Г1	7	12	200-250	30-46	0,20
	Г2	8	15	200-250	25-37	0,15

**а*—ампер.
***в*—вольт.

Продолжение табл. 38

Группа щеток	Марка	Номинальная плотность тока (в $a/см^2$)	Максимальная окружная скорость (в м/сек)	Удельное давление (в $г/см^2$)	Удельное сопротивление (в ом×мм²/м)	Износ за 50 час. работы при окружной скорости 15 м/сек, не более (в мм)
	Г3	10-11	25	200-250	10-20	0,20
	Г6	9	18	200-250	26-42	0,2
	Г8	11	25	200-300	10-20	0,20
Электрографитные	ЭГ2	10	25	200-250	20-30	0,10
	ЭГ4	12	40	150-200	10-16	0,25
	ЭГ6	9	—	200-250	30-40	0,15
	ЭГ8	10	40	200-400	40-50	0,15
	ЭГ10	9	—	200-250	40-56	0,15
	ЭГ11, ЭГ12	10-11	40	150-400	26-38	0,15
	ЭГ13	10-11	40	150-400	26-38	0,15
	ЭГ14	10-11	40	150-400	26-38	0,15
	ЭГ83, ЭГ84	9	45	175-220	35-65	0,15
Медно-графитные	М1	15	25	150-200	2-6	0,15
	М3	12	20	150-200	7-12	0,15
	М6	15	25	150-200	2-6	0,15
	М20	12	20	150-200	5-13	0,20
	МГ	20	20	180-230	0,05-0,15	0,80
	МГ2	20	20	180-230	0,15-0,35	0,40
	МГ4	15	20	200-250	0,3-1,3	0,30
	МГ6	18	20	200-250	0,3-1,3	0,50
Бронзо-графитные	БГ	20	20	170-220	0,5-0,9	0,52

Таблица 39

Размеры щеток для электрических машин
(в *мм* по ГОСТ 8611-57)

b	l	h	b	l	h	b	l	h	b	l	h
4,0	5,0	12,5	6,5	12,5	20; 25; 32;	10,0	20,0	32; 40	20,0	25,0	40; 50
4,0	10,0	16	8,0	10,0	20; 25; 32;	10,0	25,0	32; 40; 50	20,0	32,0	40; 50; 65
5,0	6,5	12,5; 16	8,0	12,5	25; 32	10,0	32,0	50; 65	20,0	40,0	50; 65
5,0	8,0	12,5; 16; 20	8,0	16,0	25; 32	16,0	20,0	32; 40	25,0	32,0	40; 50; 65
5,0	10,0	25,0	8,0	20,0	25; 32	16,0	25,0	32; 40; 50	25,0	40,0	50; 65
5,0	12,5	32; 25	8,0	25,0	40; 50	16,0	32,0	40; 50; 65	25,0	50,0	65
6,5	8,0	20; 25	10,0	12,5	20; 25; 32	16,0	40,0	50; 65	32,0	40,0	50; 65
6,5	10,0	20; 25	10,0	16,0	25; 32	16,0	50,0	50; 65	32,0	50,0	50; 65

Примечание. b — размер щетки в направлении вращения коллектора; l — размер щетки в направлении оси коллектора; h — размер щетки по радиусу коллектора.

Таблица 40

Примерное назначение щеток для электрических машин

Электрические машины	Марка щеток
Машины переменного тока (с кольцами)	
Асинхронные двигатели с поднимающимися щетками	МГ
Асинхронные двигатели с постоянно прилегающими щетками . . .	МГ4
Синхронные машины до 5000 *ква*, 1500 об/мин	Г3, Г4, ЭГ2, ЭГ4
Турбогенераторы 3000 об/мин всех мощностей	ЭГ14, ЭГ4
Коллекторные машины переменного тока	
Трехфазные коллекторные двигатели	ЭГ2, ЭГ6, ЭГ3, ЭГ10, ЭГ14, Т2
Однофазные коллекторные двигатели малой мощности	Т2, Г1, Г2
Машины постоянного тока	
Генераторы и двигатели напряжением 110—440 *в*	Г1, Г2, Г3, ЭГ2, Т2
Прокатные и тяговые двигатели	ЭГ8, ЭГ2, ЭГ6, ЭГ10, Т2, ЭГ83
Крановые двигатели	Т2, Г1, Г2, ЭГ14
Возбудители синхронных машин	ЭГ14, ЭГ4, ЭГ83, Г3
Сварочные генераторы	Г3, ЭГ4
Низковольтные генераторы	М1, М3, М6, М20

Провода с резиновой изоляцией и выводные шпильки приведены в табл. 41—42.

Таблица 41

Допустимые нагрузки для медных проводов марки ПРГ-500, применяемых во внутренних соединениях электрических машин

Сечения проводов (в *мм²*)	Допустимая нагрузка (в *а*)			
	продолжительная		кратковременная	
	открытых вентилируемых машин	закрытых невентилируемых машин	открытых вентилируемых машин	закрытых невентилируемых машин
2,5	26	23	39	30
4	40	33	60	46

Продолжение табл. 41

Сечение проводов (в $мм^2$)	Допустимая нагрузка (в *а*)			
	продолжительная		кратковременная	
	открытых вентилируемых машин	закрытых невентилируемых машин	открытых вентилируемых машин	закрытых невентилируемых машин
6	58	47	87	68
10	84	67	140	110
16	120	100	220	170
25	160	140	320	225
35	200	175	430	350
50	255	220	580	470
70	310	270	760	620
95	370	315	960	790
120	420	360	1150	940
150	470	405	1360	1110
185	527	450	1600	1300
240	610	520	1950	1600
310	710	600	2400	1940
400	825	700	2920	2360

Таблица 42

Допустимые нагрузки для медных выводных шпилек электрических машин

Шпилька с резьбой	Ток (в *а*)	Шпилька с резьбой	Ток (в *а*)
М4	14	М10	200
М5	25	М12	300
М6	48	М14	500
М8	100	М16	800

Обмоточные провода (рис. 2). Обмоточные провода (табл. 43—46) изготовляются на кабельных заводах из мягкой отожженной меди круглого и прямоугольного сечений. Провода прямоугольного сечения лучше заполняют паз, поэтому они применяются для обмоток средних и крупных электрических машин. Провода круглого сечения применяются, главным образом, для малых машин. Обмоточные провода с эмалево-волокнистой изоляцией изготовляются по ГОСТ

6324—52, с нормальной эмалевой изоляцией — по ГОСТ 2773—51 и высокопрочной — по ГОСТ 7262—54. Нагревостойкие обмоточные провода (изолированные стекловолокном или асбестом) изготов-

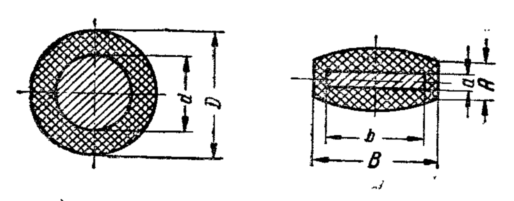


Рис. 2. Поперечные сечения обмоточных проводов:

D — диаметр провода с изоляцией; d — диаметр голого провода; B— большая сторона сечения провода с изоляцией; b — большая сторона сечения голого провода; A —меньшая сторона сечения провода с изоляцией; a—меньшая сторона сечения голого провода.

ляются по ГОСТ 7019—54. Данные для восстановления изоляции обмоточных проводов приведены в табл. 47, 48.

Таблица 43

Номенклатура обмоточных проводов

Марка провода	Тип изоляции	Примерное назначение
ПБО	Провод, изолированиый одним слоем хлопчатобумажной пряжи	Для полюсных катушек машин постоянного тока с изоляцией класса А
ПБД	Провод, изолированный двумя слоями хлопчатобумажной пряжи	Для обмоток электрических машин При номинальном напряжении машины до 550 *в* дополнительиая изоляция между витками статора и ротора не нужна
ПБОО	Провод, изолнрованный одним слоем хлопчатобумажной пряжи и одной хлопчатобумажной оплеткой (плетеный из хлопчатобумажной пряжи чулок)	Для статорных обмоток средних и крупных электрических машин При номинальном иапряжеиии машины до 6600 *в* дополнительная изоляция между витками не нужна

Продолжение табл. 43

Марка провода	Тип изоляции	Примерное назначение
ПББО	Провод, изолированный несколькими слоями ленты из кабельной или телефонной бумаги и несплошным слоем (спиралью) обмотки из хлопчатобумажной пряжи	Для статорных обмоток средних и крупных электрических машин При номинальном напряжении машины до 6600 *в* дополнительная изоляция между витками не нужна
ПЭЛБО, ПЭЛКО	Провод, изолированный лакостойкой эмалью и одним слоем хлопчатобумажной пряжи или одним слоем обмотки из утолщенного шелка капрон	Для статорных обмоток электрических машин низкого напряжения
ПЭЛБД	Провод, изолированный лакостойкой эмалью и двумя слоями хлопчатобумажной пряжи	Для автотракторного электрооборудования, а также для якорных обмоток машин постоянного тока
ПЭЛБТ	Провод, изолированный лакостойкой эмалью и одним слоем обмотки из подклеенной телефонной бумаги	То же
ПЭЛБВ	Провод, изолированный лакостойкой эмалью и одним слоем обмотки из подклеенной длинноволокнистой бумаги	»
ПШД, ПШКД	Провод, изолированный двумя слоями натуральной шелковой пряжи или шелка капрон	Для обмоток малых электрических машин с повышенной прочностью витковой изоляции с относительно высоким заполнением паза
ПЭЛШО, ПЭЛШКО	Провод, изолированный лакостойкой эмалью и одним слоем натуральной шелковой пряжи или шелка капрон	Для обмоток малых низковольтных электрических машин с бензино- и лакостойкой изоляцией

Продолжение табл. 43

Марка провода	Тип изоляции	Примерное назначение
ПЭЛШД, ПЭЛШКД	Провод, изолированный лакостойкой эмалью и двумя слоями натуральной шелковой пряжи или шелка капрон	Для обмоток малых низковольтных машин с бензино- и лакостойкой изоляцией, но с повышенной прочностью витковой изоляции
ПЭЛ	Провод, покрытый лакостойкой эмалью	Для обмоток малых низковольтных машин для намотки полюсных катушек
ПЭЛУ	Провод, покрытый лакостойкой эмалью с утолщенной изоляцией	То же
ПЭТСО	Провод, изолированный тепло-и лакостойкой эмалью и одним слоем стеклянной пряжи, подклеенной теплостойким лаком	Для обмоток электрических машин, работающих в тяжелых условиях (частые перегрузки, пуски и реверсы; наличие в воздухе вредных химических веществ). Рабочая температура до 125°
ПЭВ-1, ПЭВ-2, ПЭВ-3	Провод, покрытый винифлексовой изоляцией (с однослойным, двухслойным и трехслойным покрытием)	Для обмоток электрических машин, длительно работающих при температуре до 110°
ПСД, ПСДК	Провод, изолированный двумя слоями бесщелочной стеклонитн с подклейкой и пропиткой теплостойкими или кремнийорганическими (ПСДК) лаками	Для обмоток электрических машин влаго- и теплостойкого исполнения Рабочая температура до 150 ÷ 180°
ПДА	Провод с дельта-асбестовой изоляцией, изолированный одним слоем асбестового волокна (нескрученной пряжи), подклеенного к меди и пропитанного нагревостойким лаком	Для изготовления плетеных стержней и катушек статорных обмоток мощных турбо- и гидрогенераторов Для обмоток машин теплостойкого исполнения. Рабочая температура до 130°

Обмоточные прямоугольные медные голые провода. Номинальные

b \ a	0,90	1,00	1,08	1,16	1,25	1,35	1,45	1,56	1,68	1,81	1,95	2,1
2,10	1,72	1,89	2,06	2,23	2,42	2,63	2,84	3,07	3,32	3,59	-	3,62
2,26	1,86	2,05	2,23	2,41	2,62	2,84	3,07	3,32	3,59	3,83	-	-
2,44	2,03	2,23	2,43	2,62	2,84	3,08	3,33	3,60	3,89	4,21	4,55	4,64
2,63	2,20	2,42	2,63	2,84	3,08	3,34	3,60	3,80	4,21	4,55	4,92	5,04
2,83	2,38	2,62	2,35	3,07	3,33	3,61	3,89	4,20	4,54	4,91	5,31	5,46
3,05	-	2,84	3,08	3,33	3,60	3,91	4,21	4,55	4,91	5,31	5,74	5,93
3,28	-	3,07	3,33	3,60	3,89	4,22	4,55	4,91	5,30	5,73	6,19	6,41
3,53	-	3,32	3,60	3,89	4,20	4,56	4,91	5,30	5,72	6,18	6,67	6,93
3,8	3,25	3,59	3,89	4,20	4,54	4,92	5,30	5,72	6,17	6,67	7,20	7,50
4,1	-	3,89	4,22	4,55	4,92	5,33	5,74	6,19	6,68	7,21	7,79	8,13
4,4	-	4,19	4,54	4,89	5,29	5,73	6,17	6,65	7,18	7,75	8,37	8,76
4,7	-	4,49	4,87	5,24	5,67	6,14	6,61	7,12	7,79	8,30	8,96	9,39
5,1	-	4,89	5,30	5,71	6,17	6,68	7,19	7,75	8,36	9,02	9,74	10,2
5,5	-	5,29	5,73	6,17	6,67	7,22	7,77	8,37	9,03	9,75	10,5	11,1
5,9	-	5,69	6,16	6,63	7,17	7,76	8,35	8,99	9,70	10,5	11,3	11,9
6,4	-	6,19	6,70	7,21	7,79	8,49	9,07	9,77	10,6	11,4	12,3	12,9
6,9	-	6,69	7,24	7,79	8,42	9,11	9,79	10,6	11,4	12,3	13,3	14,0
7,4	-	7,19	7,78	8,37	9,04	9,78	10,5	11,3	12,6	13,3	14,2	15,0
8,0	-	7,79	8,43	9,07	9,79	10,6	11,4	12,3	13,2	14,4	15,4	16,3
8,6	-	8,39	9,08	9,77	10,6	11,4	12,3	13,2	14,2	15,5	16,6	17,6
9,3		-	9,83	10,58	11,4	12,4	13,3	14,3	15,4	16,6	17,9	19,0
10,0		-	-	11,4	12,3	13,3	14,3	15,4	16,6	17,9	19,3	20,5
10,8	-	-	-	-	-	14,4	15,5	16,6	17,9	19,3	20,9	22,2
11,6	-	-	-	-	-	15,5	16,6	17,9	19,3	20,8	22,4	23,9
12,5	-	-	-	-	-	-	17,9	19,4	20,8	22,4	24,2	25,8
13,5	-	-	-	-	-	-	-	20,8	22,5	24,2	26,1	27,9
14,5	-	-	-	-	-	-	-	-	24,2	26,1	28,0	30,0

Примечания: 1. Расчетные сечения даны с учетом закругле

2. Жирной чертой ограничена область поставки проводов марки ПДА.

3. Обозначения: *a* — размер меньшей стороны провода, *b* — раз

Таблица 44

размеры и расчетные сечения (по ГОСТ 6324—52 и 434—53)

2,26	2,44	2,63	2,83	3,05	3,28	3,53	3,8	4,1	4,4	4,7	5,1	5,5
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	5,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,46	5,94	6,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,92	6,43	-	7,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,41	6,96	7,54	8,15	8,72	-	-	-	-	-	-	-	-
6,93	7,52	8,15	8,80	9,51	10,3	-	-	-	-	-	-	-
7,50	8,13	8,80	9,51	10,3	11,1	12,0	-	-	-	-	-	-
8,11	8,79	9,51	10,3	11,1	12,0	-	13,9	-	-	-	-	-
8,79	9,52	10,3	11,1	12,0	13,0	14,0	15,1	15,9	-	-	-	-
9,46	10,2	11,1	12,0	12,9	13,9	15,0	16,2	17,1	18,5	-	-	-
10,1	11,0	11,9	12,8	13,8	14,9	16,1	17,4	18,4	-	21,2	-	-
11,0	11,9	12,9	13,9	15,1	16,2	17,5	18,9	20,0	21,5	-	25,1	-
11,9	12,9	14,6	15,1	16,8	17,5	18,9	20,4	21,7	23,3	25,0	27,2	
12,8	13,9	15,0	16,2	17,5	18,9	20,3	21,9	23,3	25,1	26,8	29,2	-
14,0	15,1	16,3	17,6	19,0	20,5	22,1	23,8	25,3	27,3	29,2	31,7	34,3
15,1	16,3	17,7	19,0	20,6	22,1	23,9	25,7	27,4	29,5	31,5	34,3	37,1
16,2	17,6	19,0	20,4	22,1	23,6	25,6	27,6	29,4	31,7	33,9	36,8	39,8
17,6	19,0	20,5	22,1	23,9	25,7	27,7	29,9	31,9	34,3	36,7	39,9	43,1
18,9	20,5	22,1	23,8	25,7	27,7	29,9	32,2	34,4	36,9	39,5	43,0	46,4
20,5	22,2	24,0	25,8	27,9	30,0	32,3	34,8	37,2	40,0	42,8	46,5	50,3
22,1	23,9	25,8	27,8	30,0	32,3	34,8	37,5	40,1	43,1	46,1	50,1	54,1
23,9	25,9	27,9	30,1	32,4	34,9	37,6	40,5	43,4	46,6	49,9	54,2	58,5
25,7	27,8	30,0	32,3	34,9	37,5	40,5	43,6	46,7	50,1	53,6	58,3	62,9
27,8	30,0	32,4	34,9	37,6	40,5	43,6	47,0	50,4	54,1	57,9	62,9	67,9
30,0	32,4	35,0	37,7	40,7	43,8	47,2	50,8	54,5	58,5	62,6	68,0	73,4
32,3	34,9	37,6	40,5	43,7	47,1	50,6	54,6	58,6	62,9	67,3	74,1	78,9

ний углов поперечных сечений.

ПСД, тонкой чертой ограничена область поставки проводов марки

мер большей стороны провода, *мм.*

Максимальная двухсторонняя толщина изоляции

Марка провода	Круглые				
	Диаметр голой				
	0,10-0,19	0,20-0,25	0,27-0,29	0,31-0,35	0,38-0,49
	D—d				
ПЭЛ	0,020	0,025	0,04	0,04	0,05
ПЭЛУ	0,015	0,04	0,06	0,06	0,07
ПЭЛШО, ПЭЛШКО	0,075	0,09	0,10	0,105	0,11
ПЭЛШД, ПЭЛШКД	-	-	-	-	-
ПЭЛБО, ПЭЛКО	-	0,125	0,155	0,16	0,165
ПЭЛБД	-	-	-	-	-
ПЭЛБТ	-	-	-	-	-
ПЭЛБВ	-	-	-	-	-
ПШД, ПШКД	-	-	-	-	-
ПБО	-	0,10	0,12	0,12	0,12
ПБД	-	0,19	0,22	0,22	0,22
ПБОО	-	-	-	-	-
ПББО	-	-	-	-	-
ПЭТСО	-	-	-	0,20	0,20
ПСД	-	-	-	0,23	0,23
ПДА	-	-	-	-	-

*Максимальная двухсторонняя толщина изоляции дана для меньшей стороны
**То же, от 0,53 до 0,77 *мм*.
***То же, от 2,0 до 3,8 *мм*; круглые провода марки ПСД диаметром 1-5,2 *мм*

Таблица 45

проводов круглого и прямоугольного сечений

провода					Прямоугольные провода		
проволоки (в *мм*)					Меньшая сторона сечения *a* голой проволоки (в *мм*)		
0,51-0,69	0,72-0,96	1,00-1,45	1,5-2,1	2,26-5,2	0,90-1,95	2,0-3,8	4,0-5,5
(в *мм*)					*A—a* (в *мм*)		
0,05	0,06	0,08	0,10	-	-	-	-
0,07	0,09	0,11	0,13	0,13	-	-	-
0,115	0,125	0,135	0,155	-	-	-	-
-	0,19	-	-	-	-	-	-
0,17	0,18	0,21	0,21	-	-	-	-
-	0,28	0,33	0,33	-	-	-	-
-	-	0,21	0,21	-	-	-	-
0,12	0,125	0,14	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	0,15	-	-
0,12	0,12	0,14	0,14	-	0,14	0,175	0,23
0,22	0,22	0,27	0,27	0,33	0,27	0,33	0,44
-	-	0,85	0,85	0,85	0,88	0,88	0,88
-	-	-	-	-	0,45-2,95	0,45-5,8	0,45-5,8
0,20	0,22*	0,22	0,24	-	-	-	-
0,25**	0,25	0,27	0,27	0,33	0,27	0,33***	0,40
-	-	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,40

сечения по меди от 0,8 до 0,96 *мм*.

изготовляются на кремнийорганических лаках.

Таблица 46

Обмоточные провода медные голые круглые (по ГОСТ 6324—52)

Диаметр (в *мм*)	Сечение (в *мм*²)	Вес 1 *км* (в *кг*)	Сопротивление 1 *км* (в *ом*)	Диаметр (в *мм*)	Сечение (в *мм*²)	Вес 1 *км* (в *кг*)	Сопротивление 1 *км* (в *ом*)
0,05	0,00196	0,01746	9100	(0,77)	0,466	4,14	36,9
0,06	0,00283	0,0252	6310	0,80	0,503	4,47	34,2
0,07	0,00385	0,0342	4630	(0,83)	0,541	4,81	31,8
0,08	0,00503	0,0447	3550	0,86	0,581	5,16	29,6
0,09	0,00636	0,0566	2810	(0,90)	0,636	5,66	27,0
0,10	0,00785	0,0698	2270	0,93	0,679	6,04	25,3
0,11	0,00950	0,0845	1813	(0,96)	0,724	6,43	23,8
0,12	0,01131	0,1005	1524	1,00	0,785	6,98	21,9
0,13	0,01327	0,1180	1296	(1,04)	0,849	7,55	20,3
0,14	0,01539	0,1368	1118	1,08	0,916	8,14	18,79
0,15	0,01767	0,1571	974	(1,12)	0,985	8,75	17,47
0,16	0,0201	0,1788	856	1,16	1,057	9,40	16,28
0,17	0,0227	0,202	758	(1,20)	1,131	10,05	15,22
0,18	0,0255	0,226	674	1,25	1,227	10,91	14,02
0,19	0,0284	0,252	606	(1,30)	1,327	11,80	12,96
0,20	0,0314	0,279	548	1,35	1,431	12,73	12,01
0,21	0,0346	0,308	497	(1,40)	1,539	13,69	11,18
0,23	0,0415	0,369	415	1,45	1,651	14,68	10,41
0,25	0,0491	0,436	351	(1,50)	1,767	15,71	9,74
0,27	0,0573	0,509	300	1,56	1,911	16,99	9,00
0,29	0,0661	0,587	260	(1,62)	2,06	18,32	8,36
0,31	0,0755	0,671	228	1,68	2,22	19,71	7,75
0,33	0,0855	0,760	201	(1,74)	2,38	21,1	7,23
0,35	0,0962	0,855	178,8	1,81	2,57	22,9	6,70
0,38	0,1134	1,008	151,8	(1,88)	2,78	24,7	6,19
0,41	0,1320	1,173	130,3	1,95	2,99	26,5	5,76
0,44	0,1521	1,352	113,2	(2,02)	3,20	28,5	5,38
0,47	0,1735	1,542	99,2	2,10	3,46	30,8	4,97
(0,49)	0,1886	1,676	91,3	2,26	4,01	35,7	4,29
0,51	0,204	1,816	84,4	2,44	4,68	41,6	3,68
(0,53)	0,221	1,961	77,8	2,63	5,43	48,3	3,17
0,55	0,238	2,11	72,3	2,83	6,29	55,9	2,73
(0,57)	0,255	2,27	67,5	3,05	7,31	65,0	2,35
0,59	0,273	2,43	63,0	3,28	8,45	75,1	2,04
(0,62)	0,302	2,68	57,0	3,53	9,79	87,0	1,758
0,64	0,322	2,86	53,4	3,80	11,34	100,8	1,518
(0,67)	0,353	3,13	48,7	4,10	13,20	117,4	1,303
0,69	0,374	3,32	46,0	4,50	15,90	141,4	1,082
(0,72)	0,407	3,62	42,3	4,80	18,10	160,9	0,951
0,74	0,430	3,82	40,0	5,20	21,2	188,8	0,812

Примечание. Провода диаметров, заключенных в скобки, применяются редко.

Таблица 47

Зависимость между номером пряжи и толщиной изоляции

Одинарная обмотка (ПБО)			Двойная обмотка (ПБД)		
Диаметр голого провода (в *мм*)	№ пряжи	Толщина изоляции (радиальная) (в *мм*)	Диаметр голого провода (в *мм*)	№ пряжи	Толщина изоляции (радиальная) (в *мм*)
0,1 -0,25	240	0,0450	0,20-0,25	240	0,085
0,27-0,96	200	0,0550	0,27-0,96	200	0,100
1,0 -2,10	170	0,0625	1,0 -2,10	140-170	0,150
2,26-5,20	140	0,0800	2,26-5,20	140	0,150

Таблица 48

Средние нормы расхода пряжи для восстановления обмоточного провода марки ПБД

Диаметр голого провода (в *мм*)	№ пряжи	Вес пряжи на восстановление 1 *кг* провода (в *г*)	Примечания
1,0	170	28	Количество нитей одного слоя обмотки—15
1,25	170	31	
1,45	170	36	Обмоточный провод надежно работает, если он подвергался восстановлению не более двух раз
1,68	170	38	
1,81	170	41	
2,02	170	44	Пряжа должна иметь влажность не более 8 %
2,26	140	50	
2,63	140	55	
2,83	140	60	
3,05	170	63	

§ 8. ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Основные характеристики электроизоляционных материалов. Электроизоляционные материалы, применяемые в электромашиностроении, по теплостойкости разделяются на пять классов.

Класс А: хлопок, шелк, бумага и подобные им органические материалы, если они пропитаны электроизоляционными лаками или электроизоляционными пропиточными составами (компаундами), или органическими эмалями. Наибольшая допустимая температура 105°.

Класс В: изделия из слюды, асбеста и стекловолокна (миканит, микафолий, микалента, асбестовая бумага, асбестовая лента, стеклоткани и стеклолента и другие) на органических связующих материа-

Таблица 49

Основные характеристики электроизоляционных материалов

Наименование материалов	Удельный вес (в $г/см^3$)	Диэлектрическая проницаемость	tgδ при 50 *гц* и 20°	Электрическая прочность (в *кв*действ/*мм*)	Удельное объемное сопротивление при 20° (в *ом*×*см*)	Допустимая рабочая температура (в град.)	Предел прочности на разрыв (в $кГ/см^2$)	Температурный коэффициент расширения на 1°
Асбестовый картон . . .	-	-	0,07	2-5	10^{11}	450	10	-
Асбоцемент	2,00	7,0	0,20	2-3	10^{7}	250	-	-
Бакелитовая смола . . .	1,25	7,0	0,05-0,12	15-20	10^{14}	150	-	-
Битумы	1,00	3,0	0,005	25	10^{14}	18÷90	-	-
Бумага кабельная . . .	0,7-1,0	2,5-3,5	0,02	6-9	10^{12}	90	-	-
Воздух (при 20° и 760 *мм* рт. ст.)	0,00121	1,0006	0	3-4	10^{18}	-	-	-
Гетинакс	1,25-1,4	7-8	0,02-0,05	10-15	10^{10}	70	900	-
Дерево (дуб парафинированный)	0,76	4,5-5,0	0,02	4-7	10^{12}	100÷110	1000	0,009
Канифоль	1,08	3,5	0,005	10-15	10^{15}	65	-	-
Карболит	1,1-1,2	3-5	0,05	10-12	10^{12}	120	-	-
Картон электротехнический	0,9-1,15	3,0	0,03	8-10	10^{12}	90	200-700	-

Лакоткань	1,[illegible],3	3,[illegible]	0,06-0,09	30-41	10^{11}	105	200	-
Мрамор	2,8	8-10	0,005	3,5-5,5	10^{11}	100	-	-
Парафин	0,93-1,9	2,25	0,0005	12-30	10^{15}	50	-	-
Полихлорвинил	1,38	3,1-3,5	0,01-0,1	45	10^{14}	65	600	0,007
Резина мягкая	1,7-2	2,6-3,5	0,005-0,08	10-15	10^{15}	50	-	-
Слюда (мусковит) . . .	2,8-3,2	6-7,5	0,0009-0,008	120-200	10^{16}	500	28	0,00135
» (флогопит) . . .	2,68	4-5,5	0,006-0,076	60-125	10^{13}	500	18	0,0085
Совол	1,55-1,58	5,1	0,0002	15-28	10^{13}	150	-	-
Стекло	2,6-2,7	5,5-10	0,006-0,01	10-40	10^{14}	-	600	0,0006
Стеклоткань	2,6-2,7	-	-	4	10^{11}-10^{12}	150÷160	-	-
Текстолит	1,3-1,4	-	0,08-0,25	2-6	10^{11}-10^{12}	70	600	0,004
Трансформаторное масло	0,89	2,2	0,0002	15-20	10^{14}	95	-	0,0007
Фарфор	2,4	5,5-6	0,017	18-25	10^{11}	-	350	0,03
Фибра	1,2-1,4	3,5	-	3,2-1,34	10^{10}	-	500-900	-
Шеллак	1	3,1	0,009	15,28	10^{15}	80	-	-
Шифер	2,8	6-7	0,1	15,3	10^{9}	200	200	0,001
Эбоинт	1,15-1,3	3,2	0,002-0,06	8,10	10^{14}	50	-	-

лах обычной теплостойкости. Наибольшая допустимая температура $120 \div 130°$.

Класс ВС: изделия из слюды, асбеста и стекловолокна на органических связующих материалах повышенной теплостойкости (глифталевые и им подобные смолы). Наибольшая допустимая температура $135 \div 145°$.

Класс СВ: изделия из слюды, асбеста и стекловолокна на кремнийорганических связующих материалах особо высокой теплостойкости. Наибольшая допустимая температура $150 \div 180°$.

Класс С: кварц, стекло, фарфор, стеатит, асбест, слюда и другие неорганические материалы без вяжущих веществ и материалов класса А. Ввиду большой теплостойкости допустимая температура для этих материалов отдельно не устанавливается.

Основные характеристики некоторых электроизоляционных материалов приведены в табл. 49.

Электроизоляционные материалы характеризуются такими величинами:

удельный вес (плотность) определяется весом 1 *см*³ материала при нормальных условиях (температура 20°, влажность воздуха 11 *г/м*³, барометрическое давление 760 *мм* рт. ст.);

диэлектрическая проницаемость численно равна отношению емкости конденсатора при наличии между его обкладками испытуемого диэлектрика к емкости того же конденсатора при вакууме;

тангенс угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg}\delta$ характеризует электроизоляционные материалы в отношении диэлектрических потерь, т. е. потерь мощности, поглощаемой электроизоляционными материалами, работающими в переменном электрическом поле: $\operatorname{tg}\delta$ измеряют при помощи мостов переменного тока (подробнее см. ГОСТ 2256—43);

электрическая прочность электроизоляционных материалов численно равна величине пробивного напряжения, отнесенного к толщине материала в точке пробоя; определяется по ГОСТ 1410—42;

удельное объемное сопротивление — это свойство электроизоляционного материала создавать сопротивление электрическому току. Практическая единица объемного сопротивления — омосантиметр (*ом. см*) численно равна сопротивлению (в *ом*) куба с ребром в 1 *см* из данного материала, если ток проходит через его две противоположные грани.

В табл. 50 приведены электроизоляционные материалы, применяемые для ремонта машин.

Расчет необходимого количества изоляционных материалов

Расход ленточных материалов на изолирование катушки (стержня) n рядами ленты (ряды не следует смешивать с числом слоев, получающихся в результате нахлеста) определяется по формуле

$$A = \frac{k_1 \; k_2 n l P}{t} \cdot 10^{-3} \; м,$$

где k_1 — поправочный коэффициент на производственные отходы (табл. 51);

k_2 — коэффициент, зависящий от способа намотки ленты:

Таблица 50

Номенклатура электроизоляционных материалов

Наименование материалов	Единица измерения	Примерное назначение
Асбестовый картон (ГОСТ 2850—45) двух марок: А — без наполнителя и связующего; АС — с минеральным наполнителем и связующим. Размер листа 900—1000 *мм*, толщина 1—12 *мм*, вес 1 $м^2$ картона толщиной 1 *мм* 1,0—1,4 *кг*	*кг*	Применяется в пропитанном виде как прокладочный изоляционный материал
Асбестовая бумага электроизоляционная изготовляется двух марок: тип А содержит асбестовое и хлопчатобумажное волокно; тип Б — асбестовое волокно. Размеры листа 950×1000 *мм*; толщина 0, 25; 0,35; 0, 44; 0,55 *мм*; ширина рулона 670; 950; и 1150 *мм;* вес 1 $м^2$ бумаги толщиной 1 *мм* 1,25 *кг*	*кг*	То же
Асбестовая лента нежелезистая и железистая (до 8% окиси железа): ширина 13; 19; 25; 32 и 38 *мм;* толщина 0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 *мм*; вес 100 *пог. м* при толщине 0,25 *мм* равен 0,85 *кг*	*кг*	Нежелезистая лента применяется как покровная на лобовых частях катушек роторов турбогенераторов, а железистая — как покровная в пазовых частях обмоток статоров напряжением свыше 6 *кв*
Асботекстолит (асбобакелит) листовой: толщина 2—12 *мм*; размеры листа от 500×900 до 900×1400 *мм*; удельный вес 1,6 — 1,7	*кг*	Клинья, распорки, подбандажная изоляция и другие нагревостойкие изоляционные изделия (для рабочих температур 173÷200°)
Бумага бакелизированная, обработанная бесспиртовой нейтральной бакелитовой смолой: толщина 0,8 — 0,12 *мм*; ширина рулона 500—700 *мм*; удельный вес 0,9	*кг*	Прессованная слоистая изоляция, трубки, шайбы, цилиндры и т. п.
Бумага кабельная (ГОСТ 645—41) марок: К-08, К-12, К-17 толщиной соответственно 0,08; 0,12; 0,17 *мм*;	*кг*	Оклейка роторных гильз, бакелитовые изделия и как технический

Продолжение табл. 50

Наименование материалов	Единица измерения	Примерное назначение
ширина рулона 500—700 *мм;* вес 1 *м*² 100—110 *г*		вспомогательный материал
Бумага телефонная (ГОСТ 3553—47): красная — КТК, синяя — КТС, зеленая — КТЗ, натуральная — КТН, толщина 0,05 *мм*; ширина рулона 500 *мм*; вес 1 *м*² 45 *г*	*кг*	Скрепляющие прокладки и защитные обертки
Гетинакс с металлической сеткой, толщина листов: 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0 *мм*; размеры листов по длине и ширине не нормируются	*кг*	Применяется исключительно для магнитных клиньев в электрических машинах
Гетинакс электротехнический (ГОСТ 2718—54) марок: В,Г,Д Размеры листа не менее 400×400 *мм*; толщина 0,2—50 *мм*	*кг*	В — для работы на воздухе и в трансформаторном масле при температуре окружающей среды от —60 до +70° Г — для работы в условиях повышенной влажности при температуре окружающей среды от —60 до +70° Д — для работы на воздухе при температуре окружающей среды от −60 до +70°
Картон электротехнический (ГОСТ 2824—45) для работы на воздухе: ЭВ — целлюлозный; ЭВТ — тряпичный Толщина 0,1; 0,15; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0; 2,5; 3,0 *мм*, ширина рулона 1000 *мм*	*кг*	Пазовая изоляция обмоток низковольтных машин и как вспомогательный технологический материал
Картон электротехнический марки ЭВП (электрокартон, оклеенный с одной стороны триацетатной пленкой); толщина 0,16; 0,2; 0,3; 0,4 *мм*	*кг*	Пазовая изоляция обмоток низковольтных машин
Лакоткань хлопчатобумажная (ГОСТ 2214—46) светлая: ЛХ1 — с повышенной электрической прочностью; толщина 0,15; 0,17; 0,20; 0,24 *мм* ЛХ2— нормальная; толщина 0,15 0,17; 0,20; 0,24; 0,30 *мм* ЛХС — специальная; толщина 0,17; 0,20 *мм*; ширина рулона 700—1000 мм	*м*	Для изоляции роторных обмоток

Продолжение табл. 50

Наименование материалов	Единица измерения	Примерное назначение
Лакоткань хлопчатобумажная (ГОСТ 2214—46) черная: ЛХЧ1 — с повышенными диэлектрическими свойствами; ЛХЧ2 — нормальная, толщиной 0,17; 0,20; 0,24 *мм* Ширина рулона 700 — 1000 *мм*	*м*	Для изоляции статорных обмоток
Лента изоляционная (ГОСТ 2162—55) черная и светло-серая прорезиненная: ширина 10; 15; 20; 25; 50 *мм*, длина изоляционной ленты в одном круге: односторонней 55—75 *м*; двухсторонней 65—85 *м*; толщина ленты 0,2—0,3 *мм*	*кг*	Для изоляции междукатушечных соединений в цепях возбуждения машин постоянного тока (совместно с лакотканями)
Лента киперная (ГОСТ 4514—48): ширина 15; 20; 25; 30; 35; 40 и 50 *мм*; толщина 0,2—0,45 *мм*; вес 100 *пог. м* при ширине 25 *мм* и толщине 0,2 *мм* равен 0,23 *кг*	*кг*	Скрепляющая покровная изоляция катушечных и стержневых обмоток в электрических машинах и как временная бандажная лента в обмоточно-изоляционном производстве
Лента батистовая (ГОСТ 4514—48): ширина 15; 20 и 25 *мм*; толщина 0,20 *мм*; вес 100 *пог. м* при ширине 25 *мм* и толщине 0,2 *мм* равен 0,23 *кг*	*м*	Витковая изоляция, а также покровная лента для защиты основной изоляции от механических повреждений
Лента тафтяная (ГОСТ 4514—48): ширина 15; 20; 25; 30; 35; 40; 50 *мм*; толщина 0,28 *мм*; вес 100 *пог. м* при ширине 25 *мм* и толщине 0,2 *мм* равен 0,23 *кг*	*м*	То же
Лента миткалевая (ГОСТ 4514—48): ширина 15; 20; 25; 30; 35; 40; 50 *мм*; толщина 0,2, 0,26 *мм*; вес 100 *пог. м* при ширине 25 *мм* и толщине 0,2 *мм* равен 0,23 *кг*	*м*	»
Микалента светлая (ГОСТ 4268—48) в роликах, на теплостойких масляно-глифталевых лаках: ЛМС1 — на слюде мусковит, с повышенной электрической прочнос-	*кг*	Витковая изоляция роторных обмоток

Продолжение табл. 50

Наименование материалов	Единица измерения	Примерное назначение
тью, толщина 0,08; 0,10; 0,13 *мм*; ЛМС2 — на слюде мусковит нормальная, толщина 0,08; 0,10; 0,13; 0,17 *мм* ЛФС1 — на слюде флогопит, с повышенной электрической прочностью (для данного сорта слюды), толщина 0,08; 0,10; 0,13 *мм* ЛФС2 — на слюде флогопит, нормальная, толщина 0,08; 0,10; 0,13; 0,17 *мм* Для всех марок ширина роликов: 12; 15; 20; 25; 30; 35 *мм*; ширина рулонов от 400 *мм*; удельный вес 1,5—1,6		
Микалента черная (ГОСТ 4268—48) в роликах, на теплостойких масляно-битумных лаках: ЛМЧ1 — на слюде мусковит, с повышенной электрической прочностью ЛМЧ2 — на слюде мусковит, нормальная; ЛФЧ1 — на слюде флогопит, с повышенной (для данного сорта слюды) электрической прочностью ЛФЧ2 — на слюде флогопит, нормальная Для всех марок толщина лент 0,08; 0,10; 0,13 *мм*; ширина роликов 12; 15; 20; 30; 35 *мм*; ширина рулонов от 400 *мм*; удельный вес 1,5—1,6	*кг*	Непрерывная корпусная и витковая изоляция статорных обмоток Для изоляции статорных обмоток крупных турбогенераторов, на напряжение 6 *кв* и выше, применяется микалента исключительно марки ЛМЧ1
Миканит гибкий (в холодном состоянии; ГОСТ 6120—52): ГМ2 — на слюде мусковит, прессованный, толщина 0,15; 0,2; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50 *мм*; ГФ2 — на слюде флогопит, прессованный, толщина 0,15; 0,2; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50 *мм* ГМ3 — на слюде мусковит, непрессованный, толщина 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50 *мм*	*кг*	Пазовая изоляция статорных и якорных обмоток, междувитковые прокладки, изоляция магнитных сердечников, для изготовления гильз всех размеров

Продолжение табл. 50

Наименование материалов	Единица измерения	Примерное назначение
ГФЗ — на слюде флогопит, непрессованный, толщина 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50 *мм* ГМО — на слюде мусковит, оклеенный бумагой с двух сторон, толщина 0,2; 0,25; 0,30; 0,40; 0,50 *мм* ГФО — на слюде флогопит, оклеенный бумагой с двух сторон, толщина 0,2; 0,25; 0,30; 0,40; 0,50 *мм*; удельный вес 1,40—2		
Миканит коллекторный (ГОСТ 2196—54) прессованный и калиброванный по толщине: КФ-1 на слюде флогопит, с пониженной усадкой; КФ — на слюде флогопит, нормальный Размеры листов не менее 215×465 *мм*, толщина 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,85; 0,9; 1,0; 1,05; 1,1; 1,5; 1,20; 1,3; 1,4; 1,5; *мм;* удельный вес 2,0	*кг*	**Изоляция между пластинами (ламелями) коллекторов**
Миканит формовочный (ГОСТ 6122—52): ФМ1 — на слюде мусковит, калиброванный * по толщине ФМ1А** — то же ФФ1 — на слюде флогопит, калиброванный по толщине ФФ1А — то же ФС1, ФС1А — на смеси слюды флогопит и мусковит Размеры листов не менее 550×650 *мм*; толщина 0,4; 0,45; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0 *мм*; удельный вес 1,7 — 2	*кг*	Роторные гильзы, пазовые манжеты и подбандажная изоляция в роторах турбогенераторов, а также для изоляции контактных колец и коллекторов

*Миканит формовочный некалиброванный изготовляется аналогичных марок. В обозначениях цифра 1 заменяется цифрой 2. Толщина листов 0,1—1,5 *мм* и более.

** Буква А в обозначениях марок указывает на пониженное содержание связующего вещества (в пределах 8—15 %).

Продолжение табл. 50

Наименование материалов	Единица измерения	Примерное назначение
Миканит формовочный прессованный некалиброванный на кремнийорганической смоле К-40. ФМ2К — на слюде мусковит ФФ2К — на слюде флогопит Толщина 0,20; 0,25; 0,30 *мм*, удельный вес 1,7 — 2	*кг*	Применяется в электрических машинах нагревостойкого исполнения
Миканит прокладочный (ГОСТ 6121 — 52): ПМ1 — на слюде мусковит, калиброванный * по толщине ПМ1А — то же ПФ1 — на слюде флогопит, калиброванный по толщине ПФ1А — то же ПС1 — на смеси слюды мусковит и флогопит, калиброванный по толщине ПС1А — то же Размеры листов не менее 550×650 *мм* и толщиной 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1; 1,5; 2 *мм*	*кг*	Заполнение роторных пазов в турбогенераторах и изоляционные прокладки
Микафолий (ГОСТ 3686 — 47): ММГ — на слюде мусковит, на глифталевом лаке МММ — то же, на масляно-глифталевом лаке ММШ — то же, но на шеллачном лаке МФГ — на слюде флогопит, на глифталевом лаке МФМ — на слюде флогопит, на масляно-глифталевом лаке МФШ — на слюде флогопит, на шеллачном лаке Для всех марок микафолия ширина рулонов от 400 *мм;* толщина 0,15; 0,20 и 0,30 *мм*; удельный вес 1,4—2	*кг*	Гильзовая изоляция обмоток статоров и роторов, а также для изоляции междуполюсных и междукатушечных соединений

* Миканит прокладочный некалиброванный изготовляется аналогичных марок. В обозначениях цифра 1 заменяется цифрой 2. Толщина листов 0,5—5 *мм*.

Продолжение табл. 50

Наименование материалов	Единица измерения	Примерное назначение
Парафин нефтяной (ГОСТ 784—53)	*кг*	Как вспомогательный материал при изготовлении изоляции электрических машин (пропитка электрокартона, бумаги, изготовление талькового мыла и т. п.)
Синтолента — нагревостойкая синтетическая пленка (трихлорацетат целлюлозы); ширина ленты 8 — 20 *мм;* толщина 0,02 — 0,04 *мм;* ширина рулона 500 *мм;* удельный вес 1,2 — 1,25	*кг*	Для изоляции обмоток электрических машин в комбинации с электрокартоном и скрепляющими хлопчатобумажными лентами
Стеклолакоткань светлая на кремнийорганическом лаке К-44; толщина 0,11; 0,15 *мм*	*м*	Применяется в электрических машинах нагревостойкого исполнения взамен хлопчатобумажной лакоткани
Стеклолакоткань марки ЛСК-7 черная на композиционном битумно-масляном лаке № 10 ВЭИ; толщина 0,11; 0,12; 0,13; 0,15; 0,20; 0,25 *мм*	*м*	Для изоляции обмоток электрических машин нагревостойкого исполнения, не подвергающихся действию минеральных масел
Стекломикалента С2ЛФК (на кремнийорганическом лаке марки ЭФ-5 и слюде флогопит), оклеенная стеклотканью с двух сторон; толщина 0,13; 0,15 *мм;* ширина ролика 12; 15; 20; 25; 30; 35 *мм*; ширина рулона не менее 400 *мм*	*кг*	Дли изоляции обмоток электрических машин нагревостойкого исполнения
Стекломиканит гибкий на глифталевом лаке № 1159 ГСФ-1 — на слюде флогопит, оклеенный стеклотканью с одной стороны, толщина 0,13; 0,25; 0,30; 0,50 *мм* ГСФ-2 — на слюде флогопит, оклеенный стеклотканью с двух сторон толщина 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 *мм* (ГОСТ 5937—56) шириной 8; 10; 12; Размеры листов 570×870 и 670—870 *мм*	*кг*	То же
Стеклянная бесщелочная лента на кремнийорганическом лаке липкая (ГОСТ 5937 — 56) шириной 8; 10; 12;	*кг*	Для нагревостойкой изоляции электрических машин, в частности, для витковой изоляции обмоток роторов

Продолжение табл. 50

Наименование материалов	Единица измерения	Примерное назначение
14; 16; 18; 20 *мм* и толщиной 0,08 — 0,1 *мм*; шириной 25; 30; 35; 40; 45; 50 *мм* и толщиной 0,15—0,25 *мм*. Вес 100 *пог. м*, при ширине 25 *мм* и толщине 0,12 *мм* — 0,349 *кг*		
Тальк молотый нежелезистый (ГОСТ 879 — 52)	*кг*	Для изготовления миканитового мыла (талькопарафиновой смеси)
Текстолит листовой электротехнический (ГОСТ 2910 — 54), из хлопчатобумажной ткани (на термореактивной смоле) марок А, Б, Г и из стеклоткани марки СТ Размеры листов не менее 400×400 *мм* ; толщина 0,5 — 50 *мм*, за исключением текстолита марки СТ, толщина которого 0,5 — 30 *мм*		А — конструктивный электроизоляционный для работы в трансформаторном масле и на воздухе при температуре окружающей среды —60 до +70° Б и Г — то же, для работы на воздухе СТ — для работы на воздухе при температуре окружающей среды — 60 до + 125°
Шнур крученый (ГОСТ 1024—41): льняной диаметром 1,0; 1,5; 2,0 2,5 *мм;* средняя крепость соответственно 14,5; 27,0; 40,0; 63,0 *кг*; вес 100 *пог. м* соответственно 90; 135; 280; 450 *г* хлопчатобумажный диаметром 2 *мм*; средняя крепость 26 *кг;* вес 100 *пог. м* —210 *г*	*кг*	Шнур льняной (шпагат) применяется для крепления обмоток электрических машин, а хлопчатобумажный — как увязочный материал
Фибра листовая и в рулонах (ГОСТ 3335 — 46; черная и красная); размеры 600×800; 1000×1000 *мм*, толщина 0,55; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0; 14,0; 16,0; 18,0; 20,0; 25,0 до 50 *мм*	*кг*	Для прокладок в пазах роторов и токоподводов, а также как защитный слой подбандажной изоляции роторов турбогенераторов и т. п.
Фибра круглая диаметров, соответствующих толщине листов (см. выше), удельный вес 1,2 — 1,4	*кг*	Для изготовления втулок, шайб, штанг и т. п.

Продолжение табл. 50

Наименование материалов	Единица измерения	Примерное назначение
Эбонит электротехнический (ГОСТ 2748—53) двух марок: А и Б в виде пластин, палок и трубок. Размеры пластин: толщина 0,5—32 *мм*; длина и ширина 1000×700 *мм*; 1000×500 *мм*; 500×250 *мм*	*кг*	Для изготовления выводных щитков, панелей, шайб, втулок, штанг и т. п.

при намотке впритык $k_1 = 1$; в $^1/_2$ нахлеста $k_1 = 2$; в $^1/_4$ нахлеста $k_1 = {}^4/_3$; в $^3/_4$ нахлеста $k_1 = 4$; в $^2/_3$ нахлеста $k = 3$;

l — выпрямленная длина витка катушки (стержня), *мм;*

t — ширина ленты, *мм;*

P — периметр сечения по средней линии рассчитываемого слоя изоляции, *мм;* определяется по формуле

$$P = 2(a + b + 2\delta),$$

где a, b — высота и ширина поперечного сечения меди катушки, *мм*;

δ — толщина рассчитываемого слоя изоляции, *мм*;

t — ширина ленты.

Расход листовых материалов, намотанных на катушку (стержень) в n $^1/_4$ слоя, определяется по формуле

$$A = k_1\, l\, (Pn + l + 2\delta) \cdot 10^{-6}\ м^2,$$

где l — длина части катушки (стержня), изолируемой листовым материалом, *мм*.

Тканевые материалы и хлопчатобумажные ленты выписываются со склада в метрах, для всех других изоляционных материалов необходимо указывать, кроме размеров (толщина, ширина, длина), также и вес в килограммах.

Таблица 51

Поправочные коэффициенты к расчетным нормам расхода изоляционных материалов

Изоляционный материал	Поправочный коэффициент	Изоляционный материал	Поправочный коэффициент
Микалента	1,25	Электрокартон	1,20
Микашелк	1,10	Бумага кабельная	1,10
Микафолий	1,25	Лента хлопчатобумажная	1,15
Миканит гибкий	1,10	Лента асбестовая	1,10
Миканит формовочный	1,25	Асбестовый картон	1,20
Миканит коллекторный	1,20	Текстолит	1,50
Лакоткань	1,10	Гетинакс	1,50

Электроизоляционные

Наименование лака	Соответствующие номера или марки лаков заводов-изготовителей			Свойства лаков	Основные компоненты
	„Электросила"*	ХЭМЗ	„Динамо"		
Лаки пропиточные					
Черный масляно-битумный лак печной сушки № 447 повышенного качества (ГОСТ 6244—52)	47	Л1110	2103	Влаго- и теплостойкий; стойкий к слабым кислотам и щелочам Немаслостойкий. Пленка с легким отлипом	Смесь лаков № 458 и 460 в соотношении 1:1
Черный масляно-битумный лак ускоренной печной сушки № 458 нормального качества (ГОСТ 6244—52)	60	Л2110	2101	То же	Битум, асфальтиты, масло растительное
Черный масляно-битумный лак печной сушки № 460 повышенного качества (ГОСТ 6244—52)	60	Л2110	2101	„	То же

* Для разбавления лаков можно применять бензины по ГОСТ

Таблица 52

лаки и эмали

Количество нелетучих (в %)	Растворители, разбавители	Температура сушки (в град.)	Время высыхания лаковой пленки (в час.)	Электрическая прочность лаковой пленки при 20° (в *кв* действ. / *мм*)	Примерное назначение
Не менее 38	Толуол, ксилол, сольвент—каждый в отдельности или же смесь толуола, или ксилола, или сольвента с бензином,* содержание которого в смеси не должно превышать 60%; смесь бензола 40% и бензина 60%	100÷110 16÷20	8 48	Не менее 50 после 8 час. сушки при 105°	Пропитка обмоток электрических машин с повышенной влаго- и теплостойкостью
Не менее 38	То же	100÷110	3	Не менее 45 после 3 час. сушки при 100÷110°	Пропитка обмоток электрических машин и для изготовления лака № 447
Не менее 38	То же	100÷110	15	30—после 15 час. сушки при 105°	Как пропиточный и покровный лак для обмоток электрических машин влагостойкого исполнения

443—50, 462—51 и 3134—52.

Наименование лака	Соответствующие номера или марки лаков заводов-изготовителей			Свойства лаков	Основные компоненты
	„Электросила“	ХЭМЗ	„Динамо“		
Черный асфальтовый лак печной сушки № 318	—	—	—	Немаслостойкий	Битум, асфальт, тунговое или льняное масло с добавлением сиккатива
Светло-коричневый кремнийорганический лак ЭФ-3	—	—	—	Влаго- и теплостойкий	Кремнийорганическая смола
Светлый масляный лак печной сушки Кф-95 (по ГОСТ 8018—56 б. 321)	—	—	—	Маслостойкий и влагоупорный	Коллоидный раствор подвергнутых полимеризации смешанных глицеридов, канифоли с тунговым маслом с прибавлением сиккатива или без него
Светлый масляный лак печной сушки № 324 (№324ф)	8	—	—	Маслостойкий: Пленка без отлипа, эластичная	То же
Светлый масляный лак печной сушки № 320 (№ 320ф)	—	—	—	Влаго-и маслостойкий, механически прочный	Коллоидный раствор глифталевой смолы и растительного масла с прибавлением сиккатива

Продолжение табл. 52

Количество нелетучих (в %)	Растворители, разбавители	Температура сушки (в град.)	Время высыхания лаковой пленки (в час.)	Электрическая прочность лаковой пленки при 20° (в *кв* действ./*мм*)	Примерное назначение
Не менее 40	Бензин-растворитель, толуол, бензол, ксилол, скипидар, бензин	100÷110	12	50 после 15 час. сушки при 100÷110°	Пропитка обмоток электрических машин низкого напряжения
	Толуол, смесь из бензина и скипидара	200	1—2	25—30 при 90°	Пропитка обмоток электрических машин влаго- и теплостойкого исполнения
40	Смесь толуола и бензииа в соотношении 1:2	105÷110	2	60 после 6 час. сушки при 105÷110°	Для пропитки обмоток электрических машин и тканей
—	Бензин-растворитель, сольвент	80÷90	4	Не менее 40 после 12 час. сушки прн 80÷90°	Пропитка лакотканей и обмоток машин вторым слоем
—	Скипидар, бензин-растворитель, бензол, ксилол	80÷90	—	Не менее 45 после 12 час. сушки при 80÷90°	Пропитка статорных катушек, лакотканей и бумаги, если необходима маслостойкость

Наименование лака	Соответствующие номера или марки лаков заводов-изготовителей			Свойства лаков	Основные компоненты
	„Электросила“	ХЭМЗ	„Динамо“		
Светлый глифтале-масляный лак печной сушки Гф-95 (по ГОСТ 8018—56 б. 1154)	50	Л1250	2203	Масло- и теплостойкий Пленка твердая, стойкая против воздействия хлора, кислот и трансформаторного масла	Глицерин, фталевый ангидрид и растительные масла с добавлением сиккатива или без него
Высокотеплостойкий глифталевый лак Г-3 ВЭИ	—	—	—	Весьма теплостойкий	То же
Черный асфальтовый лак печной сушки № 319	—	—	—	Немаслостойкий	Битум, растительное масло, сиккативы
Лаки клеящие					
Черный—масляно-битумный лак Бт-95 (по ГОСТ 8016—56 б. 441)	41	Л3100	2301	Немаслостойкий, влаго- и теплостойкий эластичный Пленка с отлипом с масляным выпотом	Коллоидный раствор битума и растительного масла в органических растворителях

Продолжение табл. 52

Количество нелетучих (в %)	Растворители, разбавители	Температура сушки (в град.)	Время высыхания лаковой пленки (в час.)	Электрическая прочность лаковой пленки при 20° (в *кв*действ/*мм*)	Примерное назначение
Не менее 45	Ксилол, сольвент или же смесь одного из указанных растворителей с бензином-растворителем в соотношении 1 : 1	105÷110	2	70 после 6 час. сушки при 105÷110°	Для склеивания слюдяиых изделий и прокладок. Для лакироваиия электротехнической стали Для изготовления пленкоэлектрокартоиа
—	Бензин-растворитель, бензол, толуол, сольвент	105	25	60	Пропитка стеклоткани
—	Скипидар, бензин-растворитель, толуол, бензин	80÷90	24	35 после 24 час. сушки при 80÷90°	Пропитка обмоток низковольтиых электрических машии
38	Бензин-растворитель, ксилол, сольвент или смесь бензина-растворителя с бензином (по ГОСТ 462—51; 443—56), содержание которого в смеси должно быть не более 75%	105÷110	16 (сохраняет клейкость)	70 (при 20°)	Для склеивания слюды при изготовлении статориой микаленты и гибкого миканита

Наименование лака	Соответствующие номера или марки лаков заводов-изготовителей			Свойства лаков	Основные компоненты
	„Электросила"	ХЭМЗ	„Динамо"		
Светлый глифтале-масляный лак № 1159	—	—	—	Теплостойкий, пленка эластичная с отлипом	Глифталевая смола, касторовое масло
Шеллачный лак	32 33 34 35	—	—	Тепло- и маслостойкий, механически непрочный, гигроскопичный	Природная смола
Светлый глифталевый лак № 1155	86	—	—	Масло- и теплостойкий высокой клеящей способности	Глифталевая смола, спиртобензольная смесь
Канифольный клеящий лак № 155	9	Л3110	—	Теплостойкий	Канифоль, касторовое масло
Глифтале-бакелитовый лак	90 91	— —	— —	Масло- и теплостойкий	Глифталевая и бакелитовая смолы
Термореактивный клеящий и цементирующий лак № 88	—	—	—	Высокой клеящей способности	Глифталевая и бакелитовая смолы, касторовое масло

Продолжение табл. 52

Количество нелетучих (в %)	Растворители, разбавители	Температура сушки (в град.)	Время высыхания лаковой пленки (в час.)	Электрическая прочность лаковой пленки при 20° (в *кв*$_{действ.}$/*мм*)	Примерное назначение
75	Бензол, толуол, ксилол или их смесь с бензином или бензином-растворителем	150÷180	0,5 (длительно сохраняет клейкость)	35 после 9 час. сушки при 105°	Для склеивания слюды при изготовлении роторной светлой микаленты и гибких миканитов
—	Спирт-ректификат 96%	18÷20	3—4	—	Применяется при ремонтах обмоток электрических машин и для изготовления формованных изделий из миканита, микафолия и т. п.
—	Спиртобензольная или спиртотолуольная смесь 1 : 1	20	3	Не менее 20 при 20°	Для склеивания слюды при изготовлении твердых миканитов
—	Бензол, толуол, этиловый спирт (сырец)	—	—	—	Для склеивания слюдяных изделий
50—60	Бензол, спирт-ректификат	150	Не более 5 мин.	Не менее 30 после 3 час. сушки при 105°	Для изготовления микафолия и миканизации изделий
40—50	То же	105	5	30	Для склеивания и цементации изолированных полюсных катушек с асбестовой изоляцией

Наименование лака	Соответствующие номера или марки лаков заводов-изготовителей			Свойства лаков	Основные компоненты
	„Электросила"	ХЭМЗ	„Динамо"		
Бакелитовый лак № 861 и 863	—	Л3250 Л3152	—	Масло- и теплостойкий. Гигроскопичен, обладает высокой клеящей (цементирующей) способностью. Пленка малоэластична	Бакелитовая смола
Покровные лаки и эмали					
Черный масляно-битумный лак воздушной сушки Бт-99 (по ГОСТ 8017—56 б. $462_{п}$)	26	Л2320	2201	Влагостойкий, но не маслостойкий лак. Пленка глянцевая без отлипа	Коллоидный раствор черных смол (битумов и асфальтитов) и растительного масла в органических растворителях с добавлением сиккатива
Черный, масляно-битумный лак воздушной сушки № 317	—	—	—	Немаслостойкий. Пленка механически непрочная (хрупкая)	Битум, масло тунговое с добавлением сиккатива
Светлый глифталемасляный лак печной сушки № 1229	68	Л2252	—	Тепло- и маслостойкий. Пленка без отлипа, твердая	Глифталевая смола, масло растительное

Продолжение табл. 52

Количество нелетучих (в %)	Растворители, разбавители	Температура сушки (в град.)	Время высыхания лаковой пленки (в час.)	Электрическая прочность лаковой пленки при 20° (в *кв* действ./*мм*)	Примерное назначение
25—50	Спирт-ректификат или ацетон	110÷115	5—6	30 после 24 час. сушки при 105°	Для изделий из бакелита Пропитка и цементация плетеных стержней перед изолированием
38	Сольвент, толуол, ксилол или смесь одного из указанных растворителей с бензином-растворителем в соотиошении 1:1	18÷22	3	50 после 24 час. сушки при 18÷20°	Для покрытия пропитанных обмоток и отделки изоляционных деталей
—	Скипидар, бензин	20	Не более 12	30 после 6 час. сушки при 18÷20°	Для срочных ремонтов электрических машин низкого напряжения
35—42	Бензин-растворитель, толуол, бензол	105	2—3	45 после 6 час. сушки при 1°	Для внешней отделки изоляционных изделий и обмоток электрических машин

Наименование лака	Соответствующие номера или марки лаков заводов-изготовителей			Свойства лаков	Основные компоненты
	„Электросила"	ХЭМЗ	„Дииамо"		
Серая эмаль воздушной сушки № 1495	85	Л2463	2211	Маслостойкая, механически прочная эмаль Пленка без отлипа твердая	Глифталевый лак и масляная разводка (олифа)
Ремонтная эмаль воздушной сушки ПВЭ-2	—	—	—	Тепло- и маслостойкая эмаль Пленка без отлипа твердая механически прочная	—
Теплостойкая эмаль печной сушки ПКЭ-14 и ПКЭ-15	—	—	—	То же	—
Серая дугостойкая эмаль печной сушки марки СПД	96	Л2260	2205	Дугостойкая эмаль. Пленка без отлипа твердая маслостойкая	Глифтале-масляный теплостойкий лак № 1229, литопон, пиролюзит
Серая дугостойкая эмаль воздушной сушки марки СВД	83	Л2463	2211	То же	То же, и сиккатив

Продолжение табл. 52

Количество нелетучих (в %)	Растворители, разбавители	Температура сушки (в град.)	Время высыхания лаковой пленки (в час.)	Электрическая прочность лаковой пленки при 20° (в *кв* дейст. /*мм*)	Примерное назначение
45—50	Бензин-растворитель; смесь: толуол, ксилол, бензол, сольвент и скипидар	20 105÷110	12—18 1—5	10	Для покрытия металла с целью антикоррозийиой защиты и увеличения диэлектрических свойств окрашиваемой поверхности. Заменитель эмалей СВД и КВД
55	Толуол, бензол	25	24	—	Для покрытия лобовых частей обмоток электрических машин (кроме машин морского исполнения)
50—60	То же	180÷200	10—12	40—45	То же
—	„	105 80	3 2,5	Не менее 30 после 3 час. сушки при 105°	Для покрытия пропитанных обмоток машин, а также для отделки коллекторов и контактных колец
—	„	18÷20	24 (допускается легкий) отлип)	30 после 120 час. сушки при 20°	То же, но где допустима только воздушная сушка

Наименование лака	Соответствующие номера или марки лаков заводов-изготовителей			Свойства лаков	Основные компоненты
	„Электросила"	ХЭМЗ	„Динамо"		
Красная дугостойкая эмаль печной сушки марки КДП	93	—	—	Дугостойкая эмаль. Пленка без отлипа твердая маслостойкая	Глифталевый лак с добавкой красного сурика
Красная дугостойкая эмаль воздушной сушки марки КВД	93	Л2464	2209	То же	Нитроглифталевый лак с добавкой красного сурика
Масляный коричневого цвета лак печной (огневой) сушки № 202	13	Л2250	2208	Влаго- и маслостойкий, механически прочный Пленка твердая	Масло растительное, канифоль
Сажевый полупроводящий лак воздушной сушки	56	Л9000	—	Лаковая пленка обладает поверхностной и объемной электропроводностью	Масляно-смоляной лак с примесью сажи до 15%

Примечание. Укрывистость легких покровных лаков близительно 60—75 $г/м^2$.

Продолжение табл. 52

Количество нелетучих (в %)	Растворители, разбавители	Температура сушки (в град.)	Время высыхания лаковой пленки (в час.)	Электрическая прочность лаковой пленки при 20° (в *кв*действ./*мм*)	Примерное назначение
—	Толуол, бензол	105	3	Не менее 30 после 3 час. сушки при 105°	Для покрытия пропитанных обмоток электрических машин
25—30	Толуол, бензол, ацетон	20	2—3	30 после 18 час. сушки при 20°	То же, но где допустима только воздушная сушка
Не менее 45—60	Бензин-растворитель, керосин (ГОСТ 4753—49), скипидар	210 400÷450	Не более 12 мин. Мгновенно запекается	30 после 30 мин. сушки при 210°	Для лакирования электротехнической стали
—	Толуол	20	—	—	Для полупроводящего покрытия статорных обмоток генераторов напряжением от 10 *кв* и выше

(Бт—99, 317 и т. п.) 40—50 $г/м^2$, эмалей и тяжелых лаков—при-

Электроизоляционные лаки, эмали и растворители. Изоляционные лаки, широко применяемые в обмоточно-изоляционном производстве, по назначению делятся на пропиточные, клеящие и покровные.

Пропиточные лаки применяются для пропитки изоляционных материалов. Хорошо пропитанные волокнистые материалы после высушивания становятся монолитными, более теплостойкими и менее гигроскопичными. Электрическая и механическая прочность пропитанных материалов значительно повышается.

Клеящие лаки служат для изготовления слюдяных и бакелитовых изделий.

Покровные лаки и эмали применяются для лакирования пропитанных обмоток, а также для внешней отделки изделий. Эти лаки и эмали образуют на поверхности изоляции прочную глянцевую защитную пленку, стойкую против воздействия влаги, а в некоторых случаях — масел, кислот и щелочей.

Для перераспределения потенциалов на поверхности изоляции в обмотках машин напряжением от 10 *кв* и выше (чтобы уменьшить

Таблица 53

Технические растворители электроизоляционных лаков

Наименование	ГОСТ или ОСТ	Удельный вес	Температура (в град.)		
			вспышки*	самовоспламенения	кипения
Ацетон	ГОСТ 2603-51	0,790	-17	430	56
Бензол	ГОСТ 8448-57	0,875	-15	580	80
Бензин	ГОСТ 443-56	0,65-0,73	-30	415÷580	50÷ 80
То же	ГОСТ 462-51	0,725	-	-	70
Бензин-растворитель (уайт-спирит)	ГОСТ 3134-52	0,76-0,79	26	580	140÷200
Ксилол	ОСТ 10465-39	0,850	23÷52	553	137
Керосин	ГОСТ 4753-49	0,77-0,81	28	-	170÷200
Сольвент	ГОСТ 1928-50	0,87-0,91	21÷22	553	120÷180
Скипидар		0,870	30÷45	252	160

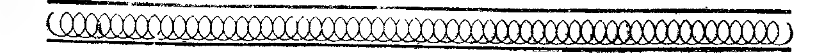
* По Безуглову.

Продолжение табл. 53

Наименование	ГОСТ или ОСТ	Удельный вес	Температура (в град.)		
			вспышки*	самовоспламенения	кипения
Спирт этиловый ректификат 95-99%	ГОСТ 5962-51	0,79-0,81	10÷15	390	78÷79
Спирт этиловый сырец (88-99%)	ГОСТ 131-51	0,82-0,83	15÷25	—	80÷90
Толуол	ГОСТ 4809-49	0,860	5÷7	250÷550	110

коронирование обмоток) применяются специальные сажевые покровные лаки. Такие лаки образуют полупроводящую пленку, обладающую поверхностной и объемной электропроводностями.

Характеристики и назначение наиболее употребительных лаков, эмалей и растворителей даны в табл. 52, 53.



РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

§ 9. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

За годы пятилеток парк электрических машин в нашей стране значительно пополнился новыми сериями машин. Но в эксплуатации еще находится много электрических машин прежних выпусков, не утративших промышленного значения и наиболее часто поступающих на ремонт.

В настоящем разделе даны краткие технические сведения, в основном обмоточные данные по распространенным сериям электрических машин общего применения, синхронным машинам, электродвигателям грузоподъемных механизмов и другим двигателям, работающим в тяжелых условиях. Главное внимание уделено электрическим машинам старых выпусков, сведения о которых недостаточно представлены в технической литературе.

В табл. 54—56 помещены стандартные обозначения выводов обмоток электрических машин, а максимально допустимые превышения температуры и перегрузочная способность электрических машин приведены в табл. 57.

Таблица 54

Обозначения выводов обмоток электрических машин постоянного тока

Наименование	Обозначение выводов	
	Начало	Конец
Обмотка якоря	Я1	Я2
Компенсационная обмотка	К1	К2
Обмотка дополнительных полюсов	Д1	Д2
Последовательная обмотка возбуждения	С1	С2
Параллельная обмотка возбуждения	Ш1	Ш2
Пусковая обмотка	П1	П2
Уравнительный провод и уравнительная обмотка	У1	У2
Обмотка особого назначения (назначение указывается заводом-изготовителем)	01;03	02;04

Таблица 55

Обозначения выводов статорных обмоток трехфазных машин переменного тока

Наименование и схема соединений обмоток	Число выводов	Название выводов	Обозначения выводов	
			Начало	Конец
Обмотки статора				
Открытая схема	6	Первая фаза Вторая „ Третья „	C1 C2 C3	C4 C5 C6
Соединение звездой	3 или 4	Первая „ Вторая „ Третья „ Нулевая точка	C1 C2 C3 0	
Соединение треугольником	3	Первый зажим Второй „ Третий „	C1 C2 C3	
Обмотки возбуждения				
Индукторы синхронных машин	2	-	И1	И2

Таблица 56

Обозначения выводов роторных обмоток трехфазных асинхронных двигателей

Число выводов на контактных кольцах	Название выводов	Обозначения выводов
3	Первая фаза Вторая „ Третья „	P1 P2 P3
4	Первая „ Вторая „ Третья „ Нулевая точка	P1 P2 P3 0

Таблица 57

Максимальио допустимые превышения температуры в градусах частей электрических машин при температуре охлаждающей среды 35° и высоте иад уровнем моря ие более 1000 *м* (по ГОСТ 183—55)

№ по пор.	Части электрических машин	Изолирующий материал класса А		Изолирующнй материал класса В		
		Прн измеренин методом				
		термометра	сопротивления	термометра	сопротивления	температурных детекторов
1	Обмоткн переменного тока синхронных и асинхронных машнн мощностью 5000 *ква* н выше нли с длиной сердечннка 1 *м* н более	-	-	-	80	85
2	а) обмотки перемениого тока машин мощностью менее 5000 *ква* н с длиной сердечника менее 1 *м*;	60	65	75	85	-
	б) обмотки возбуждення (многослойные) машин постоянного и переменного тока с возбужденнем постоянным током, кроме указаниых в пп. 3 н 4 настоящей таблнцы;	60	65	75	85	-
	в) якорные обмоткн, соединенные с коллектором;	60	65	75	85	-
3	а) однорядные обмоткн возбуждения;	70	70	95	95	-
	б) стержневые обмотки роторов асннхронных машин прн числе стержней в пазу не больше двух	-	70	-	95	-
4	Обмотки возбуждения малого сопротивлення, имеющие несколько слоев, н компенсационные обмотки	65	65	85	85	-
5	Изолированные обмотки, непрерывно замкнутые на себя	65	-	85	-	-
6	Неизолированные обмотки, непрерывно замкнутые на себя	Не должны достнгать значений, создающих опасность повреждения изолнрующих или других смежных материалов				
7	Стальные сердечникн н другие части, не соприкасающиеся с обмоткамн	Не должны достнгать значений, создающих опасность повреждения изолнрующих или других смежных материалов				
8	Стальиые сердечннки и другие части, соприкасающиеся с обмотками	65° — если нзолирующие материалы обмотки класса А и 85° — если изолирующие материалы обмотки класса В				

Продолжение табл. 57

№ по пор.	Части электрических машин	Изолирующий материал класса А		Изолирующий материал класса В		
		При измерении методом				
		термометра	сопротивления	термометра	сопротивления	температурных детекторов
9	Контактные кольца, защищенные и незащищенные	70	-	90	-	-
10	Коллекторы	65	-	85	-	-

Примечания: 1. Для обмоток синхронных машин (п. 1) на номинальное напряжение больше 11 000 *в* предельно допустимые превышения температур должны быть снижены на 1° на каждые 1000 *в* сверх 11 000 *в*.

2. Для обмоток закрытых машин переменного тока (п. 2а) на напряжения не свыше 1500 *в* пределы превышений температуры, измеренные методом сопротивления, допускается повышать на 5°.

3. Для коллекторов классы изолирующего материала указаны относительно изоляции обмотки, соединенной с коллектором.

4. Для изолирующих материалов с нагревостойкостью, лежащей в пределах между классами А и В и выше класса В, предельные допустимые превышения температуры частей электрических машин устанавливаются по отдельным стандартам или техническим условиям.

5. Предельные допустимые превышения температуры синхронных компенсаторов — по ГОСТ609—54; гидрогенераторов — по ГОСТ 5616—60 и турбогенераторов — по ГОСТ 533—51 (§ 13, 14, 15).

6. Допустимые кратковременные перегрузки по току электрических машин в нагретом состоянии (по ГОСТ 183—55):

машины постоянного тока —1,5-кратный номинальный ток в течение 1 мин., за исключением возбудителей с отношением предельного напряжения к номинальному напряжению возбуждения более 1,6, которые должны выдерживать двукратный номинальный ток возбуждения возбуждаемой машины в течение 50 сек.;

бесколлекторные машины переменного тока мощностью 0,6 *квт* и выше —1,5-кратный номинальный ток в течение 2 мин., а мощностью до 0,6 *квт* — в течение 1 мин., синхронные машины, кроме того, должны выдерживать ударный ток короткого замыкания;

коллекторные машины переменного тока —1,5-кратный номинальный ток в течение 1 мин.

§ 10. МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА СЕРИЙ ПН, КПД, КПДН, МП, ТУРБОВОЗБУДИТЕЛИ СЕРИЙ Е, В и ВТ

Машины постоянного тока по сравнению с другими электрическими машинами конструктивно сложнее, однако они незаменимы во многих отраслях промышленности, в особенности там, где нужен широкий диапазон регулирования скорости.

Электромашиностроительные заводы выпускают машины постоянного тока малыми и большими сериями различного назначения. Рассмотрим краткие характеристики и обмоточные данные наиболее распространенных серий машин.

Единая серия ПН. Машины постоянного тока серии ПН общего применения (табл. 58) в защищенном (ПН) и закрытом (ПНЗ) исполнениях имеют параллельное и смешанное возбуждение — с легкой последовательной обмоткой. Параллельная обмотка возбуждения (главных полюсов) состоит из нескольких плоских катушек, так называемых шайб, намотанных круглым проводом. Последовательная обмотка возбуждения и катушки дополнительных полюсов при небольших сечениях проводов намотаны изолированным проводом, а при больших сечениях — голым прямоугольным проводом (с изоляцией между витками в виде прокладок из электрокартона или асбеста).

Обмотка якоря машин типов от ПН-5 до ПН-85 всыпная, закреплена в полузакрытых пазах деревянными клиньями, а в лобовых частях — проволочными бандажами. Обмотка якоря машин от ПН-100 до ПН-1750 шаблонная, состоит из жестких изолированных секций, закрепленных в открытых пазах, а также в лобовых частях проволочными бандажами (подробнее см. каталог МЭП, выпуск 1312 за 1951 г.).

Крановые электродвигатели серий КПД, КПДН и МП (табл. 59, 60). Электродвигатели серии КПД старых выпусков предназначены для оборудования кранов. Эти электродвигатели изготовлялись на 220 и 440 *в* с последовательным, параллельным и смешанным возбуждением, в закрытом и защищенном исполнениях, с естественной самовентиляцией.

В настоящее время изготовляются крановые электродвигатели модернизированной серии КПДН; они более быстроходные и облегченные, с лучшим использованием активных материалов; закрытого исполнения с естественной самовентиляцией; на 220 и 440 *в* преимущественно с последовательным возбуждением (четыре главных и четыре дополнительных полюса).

Для тяжелых кранов и привода вспомогательных механизмов в металлургическом производстве применяются крановые электродвигатели серии МП также на 220 и 440 *в*

Основное различие между электродвигателями серий КПД, КПДН и МП заключается в номинальном числе оборотов. Все типы двигателей имеют простую волновую обмотку якоря, кроме двигателей восьмой величины, имеющих комбинированную «лягушечью» обмотку.

Турбовозбудители серий Е, В и ВТ. Быстроходные машины постоянного тока — турбовозбудители — по способу их сопряжения с ротором турбогенератора подразделяются на:

Таблица 58

Нормальные обмоточные данные электрических машин постоянного тока серии ПН на 220—230 в

Тип электрической машины	Двигатель				Генератор			
	Мощность на валу (в *квт*)	Номинальная скорость вращения (в об/мин)	Мощность на зажимах (в *квт*)	Максимальная скорость вращения (в об/мин)	Мощность на зажимах (в *квт*)	Номинальная скорость вращения (в об/мин)	Мощность на валу (в *квт*)	Вес (в *кг*)
ПН5	1,00 0,30	2800 960	1,29 0,46	2800 1920	0,95 0,37	2820 1420	1,35 0,53	44 44
ПН10	2,40 0,65	2850 980	2,92 0,93	2850 1960	2,20 0,85	2860 1430	2,65 1,20	65 65
ПН17,5	3,70 1,00	2850 1000	4,40 1,26	2850 2000	3,10 1,30	2860 1430	3,80 1,70	80 80
ПН28,5	5,30 1,60	2800 1000	6,45 2,07	2800 2000	5,20 1,70	2860 1430	6,30 2,20	96 96
ПН45	6,60 2,50	2200 1000	- 3,10	2400 1950	3,30 2,60	1440 1440	4,10 3,20	107 107
ПН68	10,00 3,70	2250 1000	11,50 4,62	2400 1750	4,80 4,20	1450 1450	5,80 5,20	138 138
ПН-85	9,00 5,60	1500 1000	10,60 6,60	2000 1750	6,80 6,00	1460 1460	7,80 7,20	175 175
ПН100	15,00 5,80	1600 800	20,10 7,47	2000 1500	13,50 10,50	1460 1460	16,40 13,00	290 290
ПН145	21,00 8,50	1550 800	24,20 10,20	1900 1500	16,50 14,50	1460 1460	20,00 17,00	330 330
ПН205	33,50 14,00	1580 750	- 16,00	1900 1500	27,00 25,00	1460 1460	33,00 29,00	480 480
ПН290	46,50 19,00	1500 770	- 22,50	1800 1300	40,00 33,00	1470 1470	45,00 38,00	530 530

Продолжение табл. 58

Тип электрической машины	Размеры активной стали якоря					Размеры провода (голого/изолированного; круглые—ПЭБО; прямоугольные—ПБД) (в *мм*)
	Диаметр (внешний/внутренний) (в *мм*)	Длина (в *мм*)	Воздушный зазор (главный полюс/добавочный полюс) (в *мм*)	Число пазов	Размеры паза (в *мм*)	
ПН5	98/25	90	0,6/1,0	14	$\frac{5,4—6,4}{18,5}4$	0,74/0,90 0,47/0,62
ПН10	118/30	110	0,8/1,0	18	$\frac{4,65—6,3}{23,2}4$	1,35/1,53 0,80/0,95
ПН17,5	130/35	118	0,8/1,5	20	$\frac{4,4—6,1}{24,2}3,5$	1,16/1,34 0,93/1,09
ПН28,5	160/50	65	1,0/2,5	29	$\frac{3,4—5,1}{26,2}3,5$	1,25/1,43 1,08/1,26
ПН45	160/50	100	1,0/2,5	29	$\frac{3,4—5,1}{26,2}3,5$	1,45/1,63 1,35/1,53
ПН68	185/55	95	1,0/3,0	31	$\frac{4,1—5,6}{28,2}4$	1,25/1,43 1,16/1,34
ПН85	185/55	160	1,0/3,0	31	$\frac{4,1-5,6}{28,2}4$	1,25/1,43 1,45/1,63
ПН100	245/60	80	1,5/3,0	35	8,5×36,2	$\frac{1,25×6,90}{1,50×7,15}$ $\frac{1,25×3,28}{1,50×3,53}$
ПН145	245/60	120	1,5 3,0	35	8,5×36,2	$\frac{1,68×6,90}{1,93×7,15}$ $\frac{1,25×4,40}{1,50×4,65}$
ПН205	295/70	100	2,0 4,0	35	9,8×36,2	$\frac{1,16×6,90}{1,41×7,15}$
ПН290	295/70	140	2,0 4,0	33	10,8×36,2	$\frac{1,81×6,90}{2,06×7,15}$ $\frac{1,81×6,90}{2,06×7,15}$

Продолжение табл. 58

Обмотка якоря						Коллектор			
Вес провода (в *кг*)	Полное число проводников в пазу	Число витков в секции	Сопротивление обмотки при 15°С (в *ом*)	Число параллельных ветвей/число полюсов	Шаг обмотки по пазам	Диаметр (в *мм*)	Длина меди (в *мм*)	Число пластин	Шаг по коллектору
1,00	72	9	2,460	2/2	1-8	64	45	56	1-2
1,10	204	25-26	3,680	2/2	1-8	64	45	56	1-2
3,00	42	7	0,650	2/2	1-10	80	45	72	1-2
3,00	120	15	5,280	2/2	1-10	80	45	72	1-2
3,85	32×2	4×2	0,383	2/2	1-11	80	45	80	1-2
3,37	90	11-12	0,337	2/2	1-11	80	45	80	1-2
3,20	24×2	4×2	0,250	2/4	1-8	125	50	87	1-44
3,20	64	10-11	1,780	2/4	1-8	125	50	87	1-44
4,00	18×2	3×2	0,166	2/4	1-8	125	50	87	1-44
4,00	42	7	0,890	2/4	1-8	125	50	87	1-44
6,00	16×4	(3-2)4	0,115	2/4	1-9	125	50	93	1-47
5,80	36×2	6×2	1,600	2/4	1-9	125	50	93	1-47
7,40	16×4	(2-3)4	1,144	2/4	1-9	125	50	93	1-47
7,45	24×2	4×2	0,320	2/4	1-9	125	50	93	1-47
15,90	16	2	0,100	2/4	1-10	170	85	139	1-70
14,60	16	4	0,440	2/4	1-10	170	85	139	1-70
19,00	12	2	0,060	2/4	1-10	170	85	139	1-53
16,50	24	3	0,200	2/4	1-10	170	85	139	1-70
21,70	10×2	1×2	0,160	2/4	1-10	200	115	139	1-88
	20	2	0,160	2/4	1-10	200	115	139	1-88
28,20	8×2	1×2	0,021	2/4	1-9	200	115	131	1-66
27,50	2×16	2	0,084	2/4	1-9	200	115	131	1-66

Продолжение табл. 58

Тип электрических машин	Обмотки возбуждения (главные полюса)							Обмотка дополнительных полюсов		
	Параллельная обмотка				Последовательная обмотка					
	Размер провода (голый/изолированный марки ПЭ) (в *мм*)	Вес провода (в *кг*)	Число витков на полюс	Сопротивление при 15° (в *ом*)	Размер провода (голый/изолированный; круглые—ПЭБО, прямоугольные—ПБД) (в *мм*)	Вес провода (в *кг*)	Число витков на полюс	Размер провода (голый/изолированный марки ПБД) (в *мм*)	Вес провода (в *кг*)	Число витков на полюс
ПН5	0,27/0,295	1,60	4200	910	$\frac{1,25/1,43}{1,00/1,18}$	0,18 0,12	24 24	1,56/1,74 0,93/1,09	0,87 0,89	178,0 504,0
ПН10	0,33/0,360	2,38 2,31	3700 4200	617 726	1,81/2,06 1,45/1,63	0,35 0,22	19 19	2,26/2,56 1,45/1,63	1,58 1,93	130,0 370,0
ПН17,5	0,41/0,445	4,80	4000	515	$\frac{1,25\times3,28}{1,50\times3,53}$	0,43	16	2,83/3,13	2,60	114,0
	0,38/0,410	4,88	4800	722	1,68/1,93	0,26	16	1,68/1,93	2,62	320,0
ПН28,5	0,44/0,475	4,60	2600	374	$\frac{1,16\times3,28}{1,41\times3,53}$	4,60	10	$\frac{1,80\times4,40}{2,06\times4,65}$	3,80	61,0
	0,41/0,445	5,00	3200	520	$\frac{1,00\times4,40}{1,25\times4,65}$	5,00	16	$\frac{1,35\times2,10}{1,60\times2,35}$	3,70	166,0
ПН45	0,51/0,550	7,70	2300	298	$\frac{1,16\times4,40}{1,41\times4,65}$	0,60	9	$\frac{2,10\times4,40}{2,40\times4,00}$	4,20	45,0
	0,47/0,510	6,00	2400	372	1,35/1,53	0,48	12×2	$\frac{1,0\times4,4}{1,25\times4,65}$	4,80	107,0
ПН68	0,59/0,630	7,60	1900	188	$\frac{1,80\times6,90}{2,06\times7,15}$	0,94	6	$\frac{2,80\times5,10}{3,13\times5,40}$	5,65	40,0

	0,55/0,590	7,65	2200	250	$\frac{1,16\times5,10}{1,41\times5,35}$	0,86	11	$\frac{1,35\times4,40}{1,60\times4,65}$	5,30	90
ПН85	0,59/0,630	8,90	1750	228,0	$\frac{2,83\times5,10}{3,13\times5,40}$ $\frac{1,56\times5,10}{1,81\times5,35}$	1,60 1,15	6 8	$\frac{2,83\times5,1}{3,13\times5,4}$ $\frac{1,95\times5,1}{2,2\times5,35}$	8,00 8,40	40,0 60,0
ПН100	0,80/0,850	12,50	1500	96,4	$\frac{2,10\times12,50}{2,40\times12,80}$	1,60	4	1,0×25*	13,90	47,5
	0,74/0,790	13,00	1800	136,0	1,00×12,50*	1,05	6	$\frac{1,81\times6,9}{2,06\times7,15}$	13,50	95,0
ПН145	0,74/0,790	14,20	1700	149,6	$\frac{2,44\times12,50}{2,74\times12,80}$	2,20	4	1,35×25*	15,70	33,5
	0,69/0,730	12,00	1700	166,0	1,56×12,50*	2,70	8	0,6×25*	13,40	65,5
ПН205	0,86/0,910	15,90	1500	92,0	2,44×14,50* 1,81×14,50*	3,76 3,60	3×2 8	1,81×30* 0,9×30*	20,20 20,00	27,5 54,5
ПН290	1,08/1,140 0,93/0,980	25,40 20,40	1250 1400	59,0 86,1	2,44×14,5* 2,44×14,50*	4,5	3×2 6	2,26×30* 1,16×30*	22,40 23,60	20,5 41,5

Примечания: 1. В таблице указаны предельные значения мощностей и скоростей вращения, на которые изготовляются данные типы машин при напряжении 220 *в* для двигателей и 230 *в* для генераторов. Двигатели серии ПН изготовляются также на напряжения 110 и 440 *в*, начиная с типа ПН10 и выше.

2. Генераторы серии ПН выполняются также на напряжения 115, 115/160, 230/320 и 460 *в*.

3. Для машин типов от ПН5 до ПН85 размеры полузакрытого паза показаны дробью, в которой первая цифра в числителе означает меньший размер ширины паза, а вторая цифра соответственно больший размер ширины паза. В знаменателе показана высота паза. Последнее число означает размер щели (шлица) полузакрытого паза. Для других типов машин показаны размеры прямоугольного открытого паза.

4. Размеры щеток марки ЭГ-4 для машин типов ПН5 до ПН85 — 10×12,5 *мм;* ПН100 до ПН290 — 12,5×25 *мм*.

* Отмечены голые провода.

Нормальные обмоточные данные крановых

Тип электродвигателя	Номинальная мощность при ПВ-25% (в *квт*)	Номинальная скорость вращения (в об/мин)	Якорь	
			Число пазов	Размеры паза (в *мм*)
КПД 22/1002	4,5-5,5	1100-1060	27	9,5×24,0
КПД 30/1002	6,0-7,0	1050-1020	27	9,5×24,0
КПД 55/1003	8,0-10,0	1050-1020	27	10,5×26,5
КПД 75/1003	12,0-14,0	1040-1040	27	10,5×26,5
КПД 110/734	18,0-20,0	970-920	31	11,0×30,0
КПД 150/704	25,0-27,0	900-880	31	11,0×34,0
КПД 220/615	35,0-40,0	800-790	35	12,8×34,0
КПД 300/555	50,0-55,0	750-740	35	12,8×34,0
КПД 400/516	60,0-65,0	650-640	37	12,4×38,5
КПД 500/496	70,0-75,0	570-550	33	14,0×41,0
КПД 640/647	85,0-95,0	540-530	51	11,0×45,0
КПД 800/447	100,0-110,0	450-430	45	12,0×45,0
КПД 1000/428	120,0-135,0	480-450	46	11,2×51,0
КПД 1250/418	135,0-150,0	400-380	46	11,2×51,0
КПД 1250/418	-	-	36	15,0×51,0
КПДН-2у	4,4	1210	27	8,3×26,5
КПДН-2ш	5,5	1200	27	8,3×26,5
КПДН-3у	7,8	1130	27	10,5×26,5
КПДН-3ш	11,5	1130	27	10,5×26,5
КПДН-4у	17,5	1000	31	11,0×34,0
КПДН-4ш	23,2	910	31	11,0×34,0
КПДН-5у	33,0	830	35	12,8×34,0
КПДН-5ш	43,0	820	35	12,8×34,0
МП-12	2,5	1000	25	-
МП-22	4,5	880	27	8,3×26,5
МП-32	9,0	750	27	10,5×26,5
МП-41	12,5	630	31	11,0×34,0
МП-42	17,0	630	31	11,0×34,0
МП-51	25,0	570	35	12,8×34,0
МП-52	35,0	575	35	12,8×34,0

1. Мощность в киловаттах показана для электродвигателей с носятся к электродвигателям закрытого исполнения, а большие ность электродвигателей с параллельным и смешанным возбуждени

2. Полное число проводников в пазу показано в виде произведе довательно соединенных) проводников, второе — число параллельных дующих таблицах обмоточных данных.

3. Голые провода изолированы по классу В для всех типов дви

Таблица 59

электродвигателей серий КПД, КПДН и МП на 220 *в*

Якорь					
Размеры провода (в *мм*)	Марка провода	Вес провода (в *кг*)	Полное число проводников в пазу	Число витков в секции	Шаг по пазам
1,16	ПБД	6,00	30×2	3	1-8
1,95	ПБД	6,25	24	3	1-8
1,56×2,83	ПБД	8,90	24	3	1-8
1,56×4,40	ПБД	11,50	16	2	1-8
2,44×5,10	ПБД	18,90	10×2	2	1-9
1,35×59,00	Голый	24,80	10×2	1	1-9
2,10×6,40	»	39,60	8×2	1	1-10
2,83×6,40	»	46,00	6×2	1	1-10
2,83×74,00	»	54,00	6×2	1	1-10
3,28×8,00	»	67,50	6×2	1	1-9
1,68×8,60	»	83,00	4×4	1	1-14
2,10×8,60	»	103,00	4×4	1	1-12
2,44×9,30	»	97,00	12	1	1-12 / 1-13
1,16×9,30	»	103,00	12×2	1	1-12 / 1-13
1,68×9,30	»	117,00	12×2	1	1-10
1,16×2,10	ПБД	6,00	—	4	1-8
1,16×3,05	ПБД	7,50	—	3	1-8
1,68×3,05	ПБД	10,80	—	3	1-8
1,68×4,70	ПБД	12,70	—	2	1-8
2,44×6,40	ПБД	24,20	—	2	1-9
2(1,35×6,40)*	Голый	25,80	—	1	1-9
2(2,10×6,40)	»	39,60	—	1	1-10
2(2,83×6,40)	»	46,00	—	1	1-10
1,35	ПЭЛШО	3,80	—	5	1-7
1,16×2,10	ПСД	6,50	—	4	1-8
1,68×3,05	ПСД	12,50	—	3	1-8
1,35×6,40	ПСД	23,00	—	2	1-9
1,81×6,40	ПСД	29,00	—	2	1-9
2,83×6,40	ПСД	44,00	—	2	1-10
2(2,10×6,40)	Голый	47,00	—	1	1-10

последовательным возбуждением, меньшие значения мощности от-
значения — к электродвигателям защищенного исполнения. Мощ-
ем отличается от приведенных в таблице значений на 5—10%.
ния чисел, первое из них означает количество эффективных (после-
проводников. Этот порядок обозначений сохраняется во всех после-

гателей.

Нормальные обмоточные данные крановых

Тип электродвигателя	Якорь						
	Число пазов	Размеры паза (в *мм*)	Размеры голого провода (в *мм*)	Марка провода	Вес провода (в *кг*)	Полное число проводников в пазу	Число витков в секции
КПД 22/1002	27	9,5×24,0	1,16	ПБД	6,0	60	6
КПД 30/1002	27	9,5×24,0	1,25	ПБД	5,2	48	6
КПД 55/1003	27	10,5×26,5	1,45	ПБД	6,7	48	6
КПД 75/1003	27	10,5×26,5	1,68×2,10	ПБД	11,0	32	4
КПД 110/734	31	11,0×30,0	2,44×2,44	ПБД	17,8	24	4
КПД 150/704	31	11,0×34,0	1,35×6,40	ПБД	24,6	20	2
КПД 220/615	35	12,0×34,0	2,10×6,40	ПБД	39,6	16	2
КПД 300/555	35	12,8×34,0	2,83×6,40	ПБД	46,0	12	2
КПД 400/516	37	12,4×38,5	1,35×7,40	Голый	52,2	12×2	1
КПД 500/496	33	11,0×41,0	1,56×8,00	„	64,5	12×2	1
КПД 640/467	51	11,0×45,0	1,68×8,60	„	83,0	8×2	1
КПД 800/447	45	12,5×45,0	2,10×8,60	„	103,0	8×2	1
КПД 1000/428	46	11,2×51,0	1,08×9,30	„	83,0	12×2	1
КПД 1250/418	46	11,2×51,0	1,08×9,30	„	95,0	12×2	1

Примечания: 1. Номинальная мощность электродвигателей
2. Голые (медные) провода изолированы по классу В для всех

* В числителе дроби показан шаг петлевой обмотки, а в знаменателе — шаг

Таблица 60

электродвигателей серии КПД на 440 *в*

Шаг по пазам	Коллектор: Диаметр коллектора (в *мм*)	Коллектор: Число пластин	Коллектор: Шаг по коллектору	Обмотка последовательного возбуждения: Число витков на полюс	Обмотка последовательного возбуждения: Размер провода (в *мм*)	Обмотка последовательного возбуждения: Марка провода	Обмотка последовательного возбуждения: Вес провода (в *кг*)	Обмотка дополнительных полюсов: Число витков на полюс	Обмотка дополнительных полюсов: Размер провода (в *мм*)	Обмотка дополнительных полюсов: Вес провода (в *кг*)
1-8	145	135	1-68	168,5	2,10	ПБД	9,6	115,5	2,10	5,6
1-8	145	107	1-54	155,5	1,16× 3,80	ПБД	14,2	93,5	1,16× 3,80	7,0
1-8	175	107	1-54	150,0	1,00× 5,90	ПБД	15,2	97,0	1,00× 5,90	6,5
1-8	175	107	1-54	106,0	2,44× 4,10	ПБД	22,0	63,5	2,44× 4,10	9,8
1-9	205	93	1-47	85,5	1,00×15,60	Голый	30,5	54,5	1,00×15,60	12,5
1-9	205	155	1-78	61,5	1,45×15,60	»	36,3	45,5	1,45×15,60	20,0
1-10	265	139	1-70	54,5	2,10×14,50	»	48,5	39,5	2,10×14,50	23,6
1-10	265	105	1-53	40,5	2,83×14,50	»	59,5	29,5	2,80×14,50	31,0
1-10	305	221	1-111	44,5	3,28×15,60	»	77,0	31,5	2,10×25,00	42,2
1-9	305	197	1-99	36,5	3,80×15,60	»	93,0	28,5	2,26×26,30	46,0
1-14	355	203	1-102	36,5	1,95×40,00	»	108,0	30,5	1,95×40,00	80,0
1-12	355	179	1-90	30,5	2,26×40,00	»	126,0	25,5	2,26×40,00	89,0
1-12* / 1-13	415	276	1-2 / 1-138	30,5	2,44×45,00	»	151,0	20,5	2,44×45,00	70,0
1-12 / 1-13	415	276	1-2 / 1-138	30,5	2,44×45,00	»	168,0	20,5	2,44×45,00	90,0

и скорость вращения примерно соответствуют данным табл. 59. типов двигателей.

волновой обмотки.

Турбовозбудители серий Е

Тип возбудителя	Мощность (в *квт*)	Номинальное напряжение (в *в*)	Номинальный ток (в *а*)	Ток возбуждения (в *а*)	Омическое при
					якоря
Е-41	18	115/132**	157,0	—	0,00850
	23	115	200,0	2,8/4,4***	0,00850
Е-51	25	115/144	217,0	3,0/ 6,7	0,00660
Е-51а	30	138/167	217,0	-	0,00650
Е-61	40	140/200	285,0	-	-
Е-61а	50	230/310	217,0	-	0,01130
Е-71	75	230/285	325,0	-	0,00675
Е-71а	120	230/312	520,0	-	0,00262
В6-250-1500*	250	250/336	1000,0	-	0,00378
В4-40-3000	40	115	348,0	5,4/14,5	0,00610
В4-45-3000	45	150	300,0	6,4/10,4	0,00570
В4-50-3000	50	150	333,0	6,2/18,0	0,00620
В4-75-3000	75	230	326,0	5,8/11,0	0,00640
В4-120-3000	120	230	520,0	7,8/17,0	0,00240
				6,7/22,4	
В4-145-3000	145	230	630,0	6,0/28,0	0,00490
В4-220-3000	220	350	630,0	9,1/36,0	0,00580
В4-6,5-3000	2	115	17,4	2,9/ 5,5	0,03900

Примечание. Размеры щеток марки ЭГ-14 для всех типов В4-6,5-3000, для которого размеры щеток 12,5×25 *мм*. В возбудителях

* Возбудитель типа В6-250-1500 рассчитан на скорость вращения
** В числителе дроби показано номинальное напряжение возбудителя, возбуждении генератора.
*** В числителе дроби показан номинальный ток возбуждения, а

Таблица 61

и В завода «Электросила»

сопротивление 15° (в *ом*)		Тип реостата	Вес (в *кг*)		Для генератора типа
дополнительных полюсов	параллельной обмотки		якоря	общий	
0,00330	28,60	К-374-Х	175	400	Т-265/50; Т-285/50
0,00330	24,30	К-374-XII	175	400	Т-275/60; Т-290/70 Т2-1-2; Т2А-1,5-2
0,00260	20,00	К-374-XII	180	500	ТА-290/70; Т-2120/70 Т2-3-2
0,00260	18,00	К-374-XII	180	500	Т2-3-2
-	-	-	200	-	Т-2120/80
0,00375	37,30	К-374-XIV	220	-	Т-2140/80
0,00222	24,80	К-374-XVI	315	-	Т-12-2
0,00099	16,50	К-374-XVIII	530	2080	Т-25-2; Т-2270/98
0,00097	13,30	К-374-XX	1100	-	Т-4376/142
0,00180	9,80	К-374-XII	238	500	Т-2-3,5-2
0,00240	13,90	К-374-XII	-	-	Т2-6-2
0,00200	10,00	К-374-XII	270	800	Т2-6-2
0,00230	21,10	К-374-XIV	345	1100	Т2-12-2
0,00110 / 0,00170	14,70 / 11,00	К-374-XVI	500	2800	Т2-25-2
0,00320	7,20	К-374-XIII	790	3000	Т2-50-2
0,00400	1,35	-	880	3700	Т2-100-2
0,02000	21,60	К-374-IV	-	-	В4-220-3000

возбудителей 22 × 30 *мм*, за исключением возбудителя типа
старых выпусков серии Е применялись щетки размерами 20×22 *мм*.

1500 об/мин, остальные возбудители — на 3000 об/мин.
а в знаменателе — напряжение возбудителя при максимальном (потолочном)

в знаменателе — максимальный ток возбуждения холостого хода.

Обмоточные данные турбовозбудителей

Наименование	Тип	
	Е-41	Е-51
Активная сталь якоря		
Диаметр (внешний/внутренний), *мм*	260/150	300/180
Длина, *мм*	110,0	100,0
Воздушный односторонний зазор (главный полюс/добавочный полюс), *мм*	2,5/3,5	3,0/4,0
Число пазов	61,0	61,0
Размеры открытого паза, *мм* . .	5,0×26,0	6,0×26,0
Обмотка якоря		
Размеры голого провода, *мм* . .	2,8×8,0	3,8×8,0
Вес провода, *кг*	10,0	15,0
Число эффективных проводников в пазу	2,0	2,0
Число параллельных ветвей . .	2,0	2,0
Шаг обмотки по пазам	1-16/1-16	1-16/1-16
Коллектор		
Диаметр (нормальный/минимально допустимый), *мм*	175,0/160,0	210/195
Длина меди, *мм*	110,0	135,0
Число пластин	61,0	61,0
Шаг по коллектору	1—31	1—31
Главные полюса (четыре)		
Размеры провода (голого/изолированного), *мм*	1,35/1,51	1,56/1,72
Марка провода	ПБО	ПБО
Вес провода, *кг*	25,0	35,0
Число витков на полюс	1000,0	969,0
Дополнительные полюса (четыре)		
Размеры голого провода, *мм* . .	5,0×15,0	5,5×18,0
Вес провода, *кг*	8,0	14,0
Число витков на полюс	11,0	11,0

Таблица 62

серии Е завода «Электросила»

возбудителя				
Е-51а	Е-61	Е-61а	Е-71	Е-71а
300/180 120,0	340/180 100,0	340/180 120,0	390/210 120,0	390,210 250,0
3,0/4,0 61,0 6,0×26,0	2,5/4,0 61,0 6,5×27,0	2,5/4,0 41,0 10,5×27,0	3,0/5,0 65,0 7,0×28,0	3,0/6,0 66,0 7,0×29,0
3,8×8,0 16,5	4,2×9,0 22,0	3,5×8,0 26,0	4,4×9,3 31,0	4,4×9,3 40,0
2,0 2,0 1-16/1-16	2,0 2,0 1-16/1-16	4,0 2,0 1-21/1-21	2,0 2,0 1-17/1-17	2,0 4,0 1-17/1-16
205,0 135,0 61,0 1-31	220,0 150,0 61,0 1-31	220,0 150,0 81,0 1-41	220,0 150,0 65,0 1-33	210,0 200,0 66,0 1-2
1,56/1,72 ПБО	1,7/1,9 ПБО	1,4/1,7 ПБД	1,68/1,98 ПБД	2,1/2,4 ПБД
38,5 969,0	50,0 900,0	53,0 1320,0	69,0 987,0	95,0 765,0
5,0×20,0 16,4 11,0	6,5×20,0 18,0 10,0	5,0×20,0 19,5 13,0	7,4×2,1 27,0 10/11	2(7,4×2,1) 44,0 5,5

возбудители консольного типа, у которых или фланцевое соединение якоря с ротором, или якорь насажен на конец вала ротора; станина возбудителя пристроена к стояку подшипника турбогенератора;

возбудители консольного типа, имеющие фланцевое соединение якоря с ротором, но второй конец вала якоря опирается на собственный стояковый подшипник; станина возбудителя установлена независимо от турбогенератора на фундаментной плите;

возбудители в виде самостоятельной машины, якорь возбудителя соединен с валом ротора турбогенератора эластичной, реже жесткой, муфтой или же через редуктор.

В первых двух конструкциях возбудителей якорь жестко соединен с валом ротора турбогенератора, вследствие чего эти возбудители подвергаются значительным вибрациям. Вибрация якоря возбудителя, как известно, вызывает нарушение коммутации, ведет к чрезмерному износу щеток и коллектора.

В третьей конструкции возбудителей в результате применения гибкой связи валов якоря и ротора исключена передача вибрации турбогенератора возбудителю и улучшены условия работы токособирательной системы.

Все турбогенераторы старой и модернизированной серий, а также серии Т2 (более старых выпусков) завода «Электросила» поставлялись комплектно с возбудителями серий Е и В (табл. 61, 62). Из машин старых выпусков только турбогенератор типа Т2270/98 имеет отдельно установленный возбудитель, соединенный с валом ротора турбогенератора гибкой муфтой. Остальные турбогенераторы имеют возбудители консольного типа.

Турбогенераторы серии Т2 новейших выпусков оборудованы отдельно установленными возбудителями серии ВТ (табл. 63, 64).

Возбудители серии ВТ являются более надежными машинами, ими можно легко и быстро заменить изношенные или ненадежно работающие возбудители консольного типа и другие.

Возбудители серии ВТ могут быть выполнены как для правого, так и для левого вращения.

Обмотка якоря возбудителей имеет изоляцию класса В и состоит из жестких секций, изолированных от корпуса микалентой и микафолием. Обмотка якоря возбудителей в лобовых частях скрепляется многослойными проволочными бандажами из стальной магнитной проволоки, за исключением возбудителя типа ВТ-300, у которого якорь имеет массивные бронзовые бандажи. Бронзовые бандажи насаживаются в горячем состоянии на предварительно запеченные и опрессованные миканитом лобовые части обмотки якоря. Сползание бандажей предотвращается соответствующей конусностью бандажных колец и обмоткодержателей.

Коллектор возбудителей серии ВТ скрепляется бандажными стальными кольцами. Втулка коллектора посажена на вал лишь небольшой частью своей длины или прикреплена к фланцу — обмоткодержателю якоря.

Подшипники скольжения возбудителей серии ВТ имеют циркуляционную систему смазки под давлением.

Таблица 63

Турбовозбудители серии ВТ, 3000 об/мин

Тип возбудителя	Мощность (в *квт*)	Напряжение (в *в*)	Ток (в *а*)	Номинальный ток возбуждения холостого хода (в *а*)	Тип реостата	Скорость нарастания напряжения (в *в/сек*)	Вес возбудителя с фундаментной плитой (в *кг*)	Воздушный зазор под главными полюсами (в *мм*)	Завод-изготовитель	Для генераторов типа
ВТ-32-120	32,0	120/210	267	3,4	РШ-10040	170	1700	2,5	«Уралэлектроаппарат»	Т2-3-2
ВТ-40-150	40,0	150/210	267	4,7	РШ-10040 РВ-18L	150	1700	2,5	То же	Т2-3,5-2
ВТ-40-3000	40/87,6*	115/170	348/515	6,7	РВ-18L	200	-	3,5	«Электросила»	Т2-3,5-2
ВТ-50-3000	50/108,5	150/220	333/483	6,0		230	800	3,5	„	Т2-4-2; Т2-6-2
ВТ-60-230	60,0	230/350	262	4,3	РШ-10040	280	1780	2,5	«Уралэлектроаппарат»	Т2-12-2
ВТ-75-150	75,0	150/230	500	8,0	РШ-10040	200	2700	3,0	То же	Т2-12-2
ВТ-60-120	60,0	120/230	300	6,0	РШ-10040	200	2700	3,0	»	Т2-12-2
ВТ-75-3000	75/127	230/300	325/424	7,0	РВ-45L	320	1100	3,5	«Электросила»	Т2-12-2
ВТ-115-230	115,0	230/380	500	8,0	РШ-10080	320	2900	3,0	«Уралэлектроаппарат»	Т2-25-2
ВТ-120-3000	120/283	250/375	520/780	9,5	РВ-45L	330	2800	3,5	«Электросила»	Т2-25-2
ВТ-170-3000	170/652	230/450	740/1450	-	РВ-45L	420	3000	3,5	„	Т2-50-2
ВТ-300-3000	300/800	400/650	750/1230	6,0	-	720	3700	3,5	„	Т2-100-2

Примечание. Размеры щеток марки ЭГ-14 для всех типов возбудителей 20×30 *мм* (щеткодержатели ДГ 20-30), за исключением возбудителей типов ВТ-170 и ВТ-300 для которых щетки имеют размеры 25 × 30 *мм* (щеткодержатели типа ДГ 25-30). Эти щетки можно заменять щетками марки ЭГ-4.

* В числителе дроби приведены номинальные данные, в знаменателе — максимальные («потолочные»).

Обмоточиые даииые турбовозбудителей

Наименование	Тип	
	ВТ-20-3000	ВТ-40-3000
Активная сталь якоря		
Диаметр (внешний/внутренний), *мм*	295,0/105,0	340,0/85,0
Длина, *мм*	80,0	90,0
Воздушиый односторонний зазор (главный полюс/добавочиый полюс), *мм*	3,0/6,0	3,5/5,0
Число пазов	61,0	65,0
Размеры открытого паза, *мм*	6,4×27,0	7,0×24,5
Обмотка якоря		
Размеры голого провода, *мм*	3,8×4,1	4,4×7,4
Вес провода, *кг*	12	17,6
Число эффективных проводииков в пазу	2,0	2,0
Число параллельных ветвей	2,0	2,0
Сопротивление обмотки при 15°, *ом*	0,0071	0,0081
Шаг обмотки * по пазам (y_1/y_2)	1-16/1-16	1-17/1-17
Коллектор		
Диаметр (нормальный/минимально допустимый), *мм*	170/140	205/170
Длина меди, *мм*	160,0	160,0
Число пластин	61,0	65,0
Шаг по коллектору	1—31	1—33
Главные полюса (четыре)		
Размеры провода марки ПБД (голого/изолированного), *мм*	$\frac{1{,}45\times2{,}63}{1{,}72\times2{,}90}$	1,95/2,20
Вес провода, *кг*	18,0	37,0
Число витков на полюс	270,0	600,0
Сопротивление обмотки при 15°, *ом*	2,5	8,2
Дополнительные полюса		
Размеры голого провода, *мм*	6×15,6	6×15,6
Вес провода, *кг*	10,0	10,0
Число витков на полюс	10	10
Сопротивление обмотки при 15°, *ом*	0,0022	0,0025

*Для возбудителей от типов ВТ-120 до ВТ-300 применяется „лягушечьй" об петлегой и волновой обмоток (заключен в круглые скобки).

серии ВТ завода «Электросила»

Таблица 64

возбудителя				
ВТ-50-3000	ВТ-75-3000	ВТ-120-3000	ВТ-170-3000	ВТ-300-3000
340,0/85,0 120,0	340,0/85,0 160,0	340,0/85,0 250,0	440,0/220 220,0	440,0/220,0 310,0
3,5/5,0 65,0 7,0×24,5	3,5/5,0 65,0 7,0×24,5	3,5/5,0 46,0 9,2×31,5	3,5/7,0 62,0 10,0×37,5	3,5/7,0 62,0 10,0×37,5
4,4×7,4 19,0	4,4×7,4 20,5	2,83×4,4 27,0	3,05×5,5 55,0	3,05×5,5 61,0
2,0 2,0	2,0 2,0	8,0 4+4	8,0 4+4	8,0 4+4
0,0086 1-17/1-17	0,0093 1-17/1-17	0,00525 1-23/1-22 (24/21)	0,0059 1-31/1-30 (32/29)	0,0066 1-31/1-30 (32/29)
205/170 160,0 65,0 1—33	205/170 160,0 65,0 1-33	205/170 2×140 92,0 1-2 (45)	300/255 2×160 124 1-2 (61)	300/275 2×160 124 1-2 (61)
1,81/2,06 37,2 650,0 11,0	1,81/2,06 42,0 650,0 12,4	$\frac{1,35\times3,28}{1,62\times3,55}$ 74,0 506,0 7,9	1,81/2,08 80,0 950,0 22,5	$\frac{1,25\times3,05}{1,52\times3,32}$ 75,0 530,0 11,0
6×15,6 12,0 10 0,0029	6×15,6 15,0 10 0,0035	8×19,5 26,0 7 0,0021	12,5×25,0 38,0 5 0,0008	12,5×25,0 49,0 5 0,001

мотка, для этих возбудителей шаг обмотки по пазам и по коллектору дан для

§ 11. АСИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ СЕРИЙ А, ДАМСО, ФАМСО, КТК и КТ

Асинхронные электродвигатели широко применяются в различных отраслях народного хозяйства благодаря простоте конструкции, экономичности и высокой надежности в работе.

В эксплуатации встречаются асинхронные электродвигатели самых различных типов и мощностей.

В табл. 65—68 приведены обмоточные данные и краткие технические характеристики по некоторым распространенным сериям асинхронных электродвигателей нормального исполнения.

Единая серия А. В электродвигателях серии А общего применения (табл. 65) осуществлена широкая унификация узлов и деталей, резко сокращена номенклатура обмоточных проводов и изолирующих материалов. Эти мероприятия значительно облегчают укомплектование электродвигателей запасными частями, упрощают их ремонт и эксплуатацию.

Электродвигатели изготовляются в защищенном — А и закрытом обдуваемом исполнении — АО. Если корпус статора изготовлен из алюминия, то в обозначении типа добавляется буква Л (АЛ и АОЛ). Обмотка статора всыпная, состоит из мягких секций, намотанных круглым проводом марки ПЭЛБО*. Секции закладываются через щели полузакрытых пазов. Все типы электродвигателей имеют изоляцию обмоток класса А, за исключением электродвигателей в закрытом исполнении от 6-го до 9-го габаритов, имеющих изоляцию обмоток класса В. Сердечник ротора после сборки на оправку и прессовки заливается алюминием. Заодно с короткозамыкающими кольцами с обеих сторон отливаются вентиляционные лопатки.

В наименовании типов электродвигателей нормального исполнения буквы и цифры означают: А — асинхронный двигатель; первая цифра — габарит; вторая цифра — длину (первую, вторую); третья цифра — число полюсов.

Установочные размеры электродвигателей по ГОСТ 5459—50, а шкала мощностей — ГОСТ 4542—52.

Электродвигатели серии ДАМСО и ФАМСО. Электродвигатели этой серии (табл. 66) изготовляются в защищенном исполнении, с естественной самовентиляцией, с короткозамкнутым ротором — ДАМСО и с фазным ротором — ФАМСО. Применяются в угольной, нефтяной промышленности и для нужд электростанций. Двигатели серии ФАМСО предназначены для тяжелых условий работы с частыми пусками при полном напряжении сети с реверсом и торможением.

Статорная обмотка двигателей корзиночная двухслойная, с укороченным шагом, соединение фаз — звезда. Катушечные группы намотаны проводом марки ПБД, в качестве дополнительной изоляции витков применяется синтолента или микалента. Корпусная изоляция микалентная. Пазы статора открытые.

*Для двухполюсных электродвигателей 8-го и 9-го габаритов допускается применение проводов марки ПБД.

Короткозамкнутые роторы двигателей серии ДАМСО изготовляются с двойной беличьей клеткой (пусковая клетка — латунная, рабочая — медная).

Фазные роторы двигателей серии ФАМСО имеют двухслойную стержневую волновую обмотку с диаметральным шагом. Пазовая изоляция стержней усилениая, выполняется сиитолеитой или синтофолием, рассчитана на двойное напряжение на кольцах (в случае реверсивной работы). Пазы ротора полуоткрытые.

В наименовании типов электродвигателей буквы и цифры означают:

ДАМ — асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором (с двойной клеткой); ФАМ — то же, с фазным ротором; С — специальный с усиленной изоляцией; О — защищенный; первые две цифры — габарит электродвигателя; следующие одиа или две цифры — длиину (число пакетов сердечника статора), а последние цифры через тире — число полюсов.

Краиовые электродвигатели серий КТК и КТ. Исполнение электродвигателей закрытое; КТК — короткозамкиутым ротором, с двойной беличьей клеткой, выполиеиной из меди; КТ — с фазным ротором (табл. 67).

Статоры электродвигателей серии КТК и КТ соответствующих габаритов совершенно одинаковы, их обмотки состоят из мягких (всыпных) двухслойных секций, намотанных круглым проводом марки ПБД. Пазы статора полузакрытые, трапецевидного и прямоугольного сечений.

Роторная обмотка электродвигателей типов от КТ 22/1002 до КТ 110/1004 включительно — катушечная, намотана проводом ПБД; все остальные типы электродвигателей имеют стержневую двухслойную обмотку ротора с изоляцией класса В.

Пазы роторов двигателей серии КТК и КТ полузакрытые, прямоугольного сечения.

§ 12. СИНХРОННЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ СЕРИЙ ЕС И СГ

Синхронные генераторы серий ЕС и СГ (табл. 68) широко применяются для электрификации сельского хозяйства, небольших предприятий, удаленных от энергосистем и т. п. В качестве привода для генераторов могут служить локомобили, двигатели внутреннего сгораиия и гидротурбины.

Исполнение генераторов защищениое с естественной самовентиляцией для горизонтальной установки.

Статорная обмотка генераторов двухслойная, с укороченным шагом, состоит из мягких всыпных секций, намотаиных круглым изолированным проводом. Ротор генераторов с явновыраженными полюсамн, полюсиые катушки иамотаны на ребро прямоугольным изолированным проводом, непосредствеиио на изолированиую сталь полюса.

Возбудители встроены в геиераторы. Изоляция генераторов и возбудителей выполнена по классу А.

Нормальные обмоточные данные асинхронных электродвигателей

Тип электродвигателя	Номинальная мощность (в *квт*)	Напряжение (в *в*)	Ток (в *а*)	Скорость вращения (в об/мин)	Диаметр активной стали (наружный/внутренний) (в *мм*)	Длина активной стали (в *мм*)	Воздушный зазор (в *мм*)	Число пазов
А31-2	1,0	127/220	6,6/3,8	2850	145/82	64	0,35	24
		220/380	3,8/2,2	2850	145/82	64	0,35	24
		500	1,7	2850	145/82	64	0,35	24
А32-2	1,7	127/220	11,1/6,4	2850	145/82	100	0,35	24
		220/380	6,4/3,7	2850	145/82	100	0,35	24
		500	2,8	2850	145/82	100	0,35	24
А41-2	2,8	127/220	17,3/10,0	2870	182/104	75	0,50	24
		220/380	10,0/5,8	2870	182/104	75	0,50	24
		550	4,4	2870	182/104	75	0,50	24
А42-2	4,5	127/220	27,0/15,7	2880	182/104	115	0,50	24
		220/380	10,0/5,8	2880	182/104	115	0,50	24
		500	4,4	2880	182/104	115	0,50	24
А51-2	7,0	127/220	41,0/24,0	2890	245/140	90	0,60	24
		220/380	24,0/13,8	2890	245/140	90	0,60	24
		500	10,5	2890	245/140	90	0,60	24
А52-2	10,0	127/220	58,5/33,8	2890	245/140	140	0,60	24
		220/380	33,8/19,5	2890	245/140	140	0,60	24
		500	15,0	2890	245/140	140	0,60	24
А61-2	14,0	220/380	47,0/27,5	2920	327/180	75	0,75	36
		500	21,0	2920	327/180	75	0,75	36
А62-2	20,0	220/380	66,0/38,0	2920	327/180	100	0,75	36
		500	29,0	2920	327/180	100	0,75	36
А71-2	28,0	220/380	92,0/53,0	2930	368/205	100	0,85	36
		500	40,5	2930	368/205	100	0,85	36

Таблица 65

еднной сернн А на 127/220, 220/380 н 500 *в*

Статор							Ротор короткозамкнутый	
Размеры паза (в *мм*)	Размеры провода (голого/изолированного марки ПЭЛБО) (в *мм*)	Вес провода (голого/изолированного) (в *кг*)	Полное число проводников в пазу	Шаг по пазам	Число параллельных ветвей	Сопротивление фазы при 15° (в *ом*)	Число пазов	Полный вес алюминия для заливки ротора (в *кг*)
$\frac{10{,}0-7{,}7}{12{,}5}2{,}5$	0,90/1,060	1,47/1,55	44	Однослойная обмотка	-	2,3800	20	0,49
	0,63/0,770	1,20/1,29	76		-	8,6600	20	0,49
	0,55/0,700	1,25/1,35	100		-	14,4600	20	0,49
$\frac{10{,}0-7{,}7}{12{,}5}2{,}5$	1,12/1,305	1,72/1,78	29		-	1,1800	20	0,61
	0,83/0,990	1,60/1,65	49		-	3,7000	20	0,61
	0,72/0,880	1,60/1,65	65		-	6,4000	20	0,61
$\frac{12{,}0-9{,}0}{15{,}5}3{,}0$	1,40/1,610	2,58/2,68	27		-	0,3570	20	0,82
	1,12/1,308	2,86/3,03	47		-	1,9600	20	0,82
	0,96/1,120	2,80/2,96	62		-	3,5500	20	0,82
$\frac{12{,}0-9{,}0}{15{,}5}3{,}0$	1,00/1,850	2,99/3,18	18×3		-	0,3600	20	0,99
	1,35/1,560	3,14/3,26	31		-	1,0200	20	0,99
	1,20/1,385	3,24/3,42	41		-	1,7000	20	0,99
$\frac{16{,}0-12{,}0}{21{,}0}3{,}3$	1,20/1,410	5,90/6,20	18×4	1-10	-	0,1900	20	1,65
	1,30/1,510	6,20/6,50	32×2	1-10	-	0,5750	20	1,65
	1,12/1,330	6,10/6,35	42×2	1-10	-	1,0100	20	1,65
$\frac{16{,}0-12{,}0}{21{,}0}3{,}3$	1,50/1,710	7,20/7,35	12×4	1-10	-	0,0900	20	2,00
	1,25/1,460	6,80/7,10	22×3	1-10	-	0,3260	20	2,00
	1,40/1,610	7,30/7,52	28×2	1-10	-	0,5000	20	2,00
$\frac{13{,}7-8{,}5}{30{,}8}3{,}2$	1,40/1,585	11,20/11,60	19×3	1-13	-	0,3400	28	3,10
	1,56/1,745	12,10/12,50	25×2	1-13	-	0,5450	28	3,10
$\frac{13{,}7-8{,}5}{30{,}8}3{,}2$	1,40/1,585	11,60/12,10	28×2	1-13	2	0,2010	28	3,40
	1,20/1,385	11,00/11,50	36×2	1-13	-	0,3520	28	3,40
$\frac{15{,}4-9{,}8}{33{,}8}3{,}2$	1,40/1,585	16,50/17,00	24×3	1-13	2	0,1280	28	4,50
	1,45/1,635	15,70/16,20	32×2	1-13	2	0,2360	28	4,50

Тип электродвигателя	Номинальная мощность (в *квт*)	Напряжение (в *в*)	Ток (в *а*)	Скорость вращения (в об/мин)	Диаметр активной стали (наружный/внутренний) (в *мм*)	Длина активной стали (в *мм*)	Воздушный зазор (в *мм*)	Число пазов
А72-2	40,0	220/380	128,0/74,0	2930	368/205	135	0,85	36
		500	66,0	2930	368/205	135	0,85	36
А81-2	55,0	220/380	175,0/101,0	2930	423/240	130	1,40	36
		500	77,0	2930	423/240	130	1,40	36
А82-2	75,0	220/380	235,0/136,0	2930	423/240	190	1,40	36
		500	104,0	2930	423/240	190	1,40	36
А91-2	100,0	220/380	312,0/180,0	2950	493/285	160	2,00	48
		500	137,0	2950	493/285	160	2,00	48
А92-2	125,0	220/380	388,0/225,0	2950	493/285	220	2,00	48
		500	171,0	2950	493/285	220	2,00	48
А31-4 и АО31-4	0,6	127/220	4,8/2,8	1410	145/89	64	0,25	24
		220/380	2,8/1,6	1410	145/89	64	0,25	24
		500	1,2	1410	145/89	64	0,25	24
А32-4 и АО32-4	1,0	127/220	7,3/4,2	1410	145/89	100	0,25	24
		220/380	4,2/2,4	1410	145/89	100	0,25	24
		500	1,9	1410	145/89	100	0,25	24
А41-4 и АО41-4	1,7	127/220	11,6/6,6	1420	182/112	75	0,30	36
		220/380	6,7/3,9	1420	182/112	75	0,30	36
		500	2,9	1420	182/112	75	0,30	36
А42-4 и АО42-4	2,8	127/220	18,2/10,4	1420	182/112	115	0,30	36
	2,8	220/380	10,5/6,1	1420	182/112	115	0,30	36
	2,8	500	4,6	1420	182/112	115	0,30	36

Продолжение табл. 65

Статор							Ротор короткозамкнутый	
Размеры паза (в *мм*)	Размеры провода (голого/изолированного марки ПЭЛБО) (в *мм*)	Вес провода (голого/изолированного) (в *кг*)	Полное число проводников в пазу	Шаг по пазам	Число параллельных ветвей	Сопротивление фазы при 15° (в *ом*)	Число пазов	Полный вес алюминия для заливки ротора (в *кг*)
$\frac{15,4\text{-}9,8}{33,8}3,2$	1,62/1,800	17,80/18,30	18×3	1-13	2	0,0760	28	5,00
$\frac{15,4\text{-}9,8}{33,8}3,2$	1,40/1,585	17,80/18,30	24×3	1-13	2	0,1360	28	5,00
$\frac{17,5\text{-}11,3}{37,0}3,2$	1,62/1,830	32,20/33,40	16×4	1-14	2	0,0510	28	7,50
	1,56/1,700	31,40/32,60	21×4	1-14	2	0,0880	28	7,50
$\frac{17,5\text{-}11,3}{37,0}3,2$	1,68/1,865	34,00/35,00	12×4	1-14	2	0,0313	28	8,40
	1,81/1,995	35,00/36,00	16×4	1-14	2	0,0540	28	8,40
$\frac{16,4\text{-}11,0}{43,0}3,5$	1,88/2,065	53,80/55,50	24×7	1-18	2	0,0233	40	11,30
	1,68/1,865	57,40/59,10	12×7	1-18	2	0,0390	40	11,30
$\frac{16,4\text{-}11,0}{43,0}3,5$	1,88/2,065	64,70/66,70	7×10	1-18	2	0,0138	40	12,50
	1,88/2,065	66,60/68,60	9×8	1-18	2	0,0222	40	12,50
$\frac{9,6\text{-}7,0}{14,8}2,5$	0,77/0,930	1,22/1,30	68	Однослойная обмотка	-	3,7000	18	0,52
	0,57/0,720	1,16/1,25	118		-	11,7000	18	0,52
	0,47/0,610	1,03/1,13	155		-	22,5000	18	0,52
$\frac{9,6\text{-}7,0}{14,8}2,5$	0,96/1,120	1,56/1,64	47		-	1,8400	20	0,61
	0,72/0,880	1,53/1,63	82		-	5,8000	20	0,61
	0,59/0,740	1,36/1,46	108		-	10,9000	20	0,61
$\frac{8,4\text{-}5,6}{19,0}3,0$	1,30/1,480	3,03/3,16	31		-	1,0700	26	0,82
	0,96/1,120	2,83/2,97	53		-	3,5800	26	0,82
	0,83/0,990	2,79/2,95	70		-	5,9900	26	0,82
$\frac{8,4\text{-}5,6}{19,0}3,0$	1,20/1,306	3,40/3,57	20×2		-	0,5770	24	1,08
	1,20/1,385	3,52/3,68	36		-	1,8100	24	1,08
	1,00/1,185	3,12/3,29	46		-	3,3300	24	1,08

Тип электродвигателя	Номинальная мощность (в *квт*)	Напряжение (в *в*)	Ток (в *а*)	Скорость вращения (в об/мин,	Диаметр активной стали (наружный/внутренний) (в *мм*)	Длина активной стали (в *мм*)	Воздушный зазор (в *мм*)	Число пазов
А51-4 и АО51-4	4,5	127/220	28,2/16,3	1440	245/152	90	0,40	36
		220/380	16,1/9,4	1440	245/152	90	0,40	36
		500	7,2	1440	245/152	90	0,40	36
А52-4 и АО52-4	7,0	127/220	42,6/24,6	1440	245/152	140	0,40	36
		220/380	24,2/14,2	1440	245/152	140	0,40	36
		500	10,8	1440	245/152	140	0,40	36
А61-4	10,0	220/380	34,1/19,7	1450	327/200	75	0,40	36
		500	15,0	1450	327/200	75	0,40	36
А62-4	14,0	220/380	47,5/27,5	1450	327/200	75	0,40	36
		500	20,8	1450	327/200	75	0,40	36
А71-4	20,0	220/380	67,0/39,0	1450	368/230	100	0,50	36
		500	29,6	1450	368/230	100	0,50	36
А72-4	28,0	220/380	93,0/54,0	1450	368/230	135	0,50	36
		500	41,0	1450	368/230	135	0,50	36
А81-4	40,0	220/380	131,0/76,0	1450	423/265	130	0,60	48
		500	57,5	1450	423/265	130	0,60	48
А82-4	55,0	220/380	178,0/103,0	1460	423/265	180	0,60	48
		500	78,5	1460	423/265	180	0,60	48
А91-4	75,0	220/380	242,0/140,0	1460	493/315	160	1,00	60
		500	105,0	1460	493/315	160	1,00	60
А92-4	100,0	220/380	320,0/185,0	1460	493/315	220	1,00	60
		500	141,0	1460	493/315	220	1,00	60

Продолжение табл. 65

Статор							Ротор короткозамкнутый	
Размеры паза (в *мм*)	Размеры провода (голого/изолированного марки ПЭЛБО) (в *мм*)	Вес провода (голого/изолированного) (в *кг*)	Полное число проводников в пазу	Шаг по пазам	Число параллельных ветвей	Сопротивление фазы при 15° (в *ом*)	Число пазов	Полный вес алюминия для заливки ротора (в *кг*)
$\frac{10,8\text{-}7,4}{24,0}\,2,8$	1,25/1,450	6,24/ 6,53	18×3		-	0,3000	26	1,83
	1,12/1,250	2,98/ 3,13	32×2		-	0,9500	26	1,83
	1,40/1,535	6,10/ 6,35	42		-	1,6600	26	1,83
$\frac{10,8\text{-}7,4}{24,0}\,2,8$	1,30/1,118	7,34/ 7,66	12,5×4		-	0,1680	26	2,27
	1,40/1,585	7,47/ 7,77	22×2		-	0,5100	26	2,27
	1,20/1,385	7,26/ 7,58	29×2		-	0,9200	26	2,27
$\frac{13,2\text{-}8,6}{27,8}\,3,2$	1,35/1,535	7,20/ 7,40	28×2	1-8	-	0,5750	44	2,90
	1,20/1,385	7,30/ 7,50	36×2	1-8	-	0,9350	44	2,90
$\frac{13,2\text{-}8,6}{27,8}\,3,2$	1,30/1,485	8,00/ 8,40	20×2	1-8	-	0,3050	44	3,30
	1,12/1,305	7,70/ 8,10	26×2	1-8	-	0,3050	44	3,30
$\frac{15,2\text{-}10,3}{29,8}\,3,2$	1,40/1,585	11,40/11,80	34×2	1-8	2	0,1980	44	4,50
	1,20/1,385	10,90/11,30	44×2	1-8	2	0,3490	44	4,50
$\frac{15,2\text{-}10,3}{29,8}\,3,2$	1,62/1,805	13,00/13,40	26×2	1-8	2	0,1250	44	5,00
	1,40/1,585	12,70/13,10	34×2	1-8	2	0,2190	44	5,00
$\frac{13,3\text{-}8,8}{35,8}\,3,2$	1,50/1,685	23,00/23,60	16×4	1-11	2	0,0750	58	7,30
	1,50/1,685	23,70/24,40	22×3	1-11	2	0,1380	58	7,30
$\frac{13,3\text{-}8,8}{35,8}\,3,2$	1,45/1,635	26,60/27,50	24×3	1-11	4	0,0450	58	8,40
	1,56/1,745	27,40/28,20	36×4	1-11	2	0,0770	58	8,40
$\frac{13,4\text{-}9,2}{42,0}\,3,5$	1,68/1,865	40,30/41,50	20×3	1-14	4	0,0370	50	11,70
	1,45/1,635	39,00/40,30	26×3	1-14	4	0,0650	50	11,70
$\frac{13,4\text{-}9,2}{42,0}\,3,5$	1,68/1,865	47,50/49,00	16×4	1-14	4	0,0250	50	13,50
	1,68/1,865	46,80/48,20	21×3	1-14	4	0,0430	50	13,50

Тип электродвигателя	Номинальная мощность (в *квт*)	Напряжение (в *в*)	Ток (в *а*)	Скорость вращения (в об/мин)				
					Диаметр активной стали (наружный/внутренний) (в *мм*)	Длина активной стали (в *мм*)	Воздушный зазор (в *мм*)	Число пазов
А31-6 и АО31-6	0,4	127/220	3,90/2,25	935	145/ 89	64	0,25	36
		220/380	2,25/1,30	935	145/ 89	64	0,25	36
		500	1	935	145/ 89	64	0,25	36
А32-6 и АО32-6	0,6	127/220	5,3/3,1	930	145/ 89	100	0,25	36
		220/380	3,1/1,8	930	145/ 89	100	0,25	36
		500	1,35	930	145/ 89	100	0,25	36
А41-6 и АО41-6	1,0	127/220	8,2/4,8	930	182/112	75	0,30	36
		220/380	4,8/2,8	930	182/112	75	0,30	36
		500	2,1	930	182/112	75	0,30	36
А42-6 и АО42-6	1,7	127/220	13,0/7,5	930	182/112	115	0,30	36
		220/380	7,5/4,3	930	182/112	115	0,30	36
		500	3,3	930	182/112	115	0,30	36
А51-6 и АО51-6	2,8	127/220	19,7/11,4	19,7/11,4	245/152	90	0,40	36
		220/380	11,4/6,6	950	245/152	90	0,40	36
		500	5,0	950	245/152	90	0,40	36
А52-6 и АО52-6	4,5	127/220	30,3/17,5	950	245/152	140	0,40	36
		220/380	17,5/10,1	950	245/152	140	0,40	36
		500	7,7	950	245/152	140	0,40	36
А61-6	7,0	220/380	47,5/27,5	970	327/230	75	0,40	54
		500	20,8	970	327/230	75	0,40	54
А62-6	10,0	220/380	37,0/21,5	970	327/230	100	0,40	54
		500	16,5	970	327/230	100	0,40	54
А71-6	14,0	220/380	51,0/29,6	970	368/260	100	0,45	54
		500	22,4	970	368/260	100	0,45	54

Продолжение табл. 65

Статор							Ротор короткозамкнутый	
Размеры паза (в *мм*)	Размеры провода голого/изолированного марки ПЭЛБО) (в *мм*)	Вес провода (голого/изолированного) (в *кг*)	Полное число проводников в пазу	Шаг по пазам	Число паралельных ветвей	Сопротивление фазы при 15° (в *ом*)	Число пазов	Полный вес алюминия для заливки ротора (в *кг*)
7,4-4,4 / 19,5 — 2,5	0,77/0,930	1,61/1,78	66	Однослойная обмотка	-	4,8900	26	
	0,57/0,720	1,55/1,67	115		-	15,6000	26	-
	0,47/0,615	1,35/1,51	151		-	29,2000	26	
7,4-4,4 / 19,5 — 2,5	0,93/1,090	2,00/1,50	47		-	2,9500	26	
	0,69/0,840	1,56/2,09	81		-	9,1100	26	-
	0,57/0,720	1,75/1,89	107		-	17,7000	26	-
8,4-5,6 / 19,0 — 3,0	1,04/1,225	2,34/2,46	44		-	2,1400	26	
	0,77/0,930	2,22/2,36	76		-	6,8200	26	0,82
	0,67/0,820	2,19/2,34	100		-	11,4000	26	
8,4-5,6 / 19,0 — 3,0	1,30/1,510	2,72/2,90	30		-	1,1200	26	
	0,96/1,140	2,84/3,00	51		-	3,4900	26	1,08
	0,83/1,010	3,00/2,90	67		-	6,1200	26	
10,8-7,4 / 24,0 — 2,8	1,25/1,350	5,08/5,31	27×2		-	0,5350	44	
	1,35/1,535	5,25/5,47	47		-	1,6200	44	1,83
	1,16/1,450	5,02/5,26	62		-	2,8900	44	
10,8-7,4 / 24,0 — 2,8	1,25/1,435	6,21/6,49	18×3		-	0,2780	44	
	1,16/1,345	6,08/6,36	31×2		-	0,8800	44	2,27
	1,40/1,585	5,86/6,10	41		-	1,6000	44	
10,5-7,4 / 28,0 — 3,2	1,30/1,485	8,00/8,40	26×2	1-8	-	0,7400	58	4,20
	1,12/1,305	7,70/8,10	34×2	1-8	-	1,3000	58	4,20
10,5-7,4 / 28,0 — 3,2	1,50/1,685	9,10/9,40	20×2	1-8	-	0,2650	58	4,60
	1,30/1,485	8,80/9,20	26×2	1-8	-	0,2650	58	4,60
11,9-8,7 / 28,8 — 3,2	1,20/1,385	10,50/10,90	34×2	1-8	2	0,3630	44	5,00
	1,45/1,635	10,90/11,30	46	1-8	2	0,6600	44	5,00

Тип электродвигателя	Номинальная мощность (в *квт*)	Напряжение (в *в*)	Ток (в *а*)	Скорость вращения (в об/мин)	Диаметр активной стали (наружный/внутренний) (в *мм*)	Длина активной стали (в *мм*)	Воздушный зазор (в *мм*)	Число пазов
А72-6	20,0	220/380 500	71,3/41,3 31,4	970 970	368/260 368/260	135 135	0,45 0,45	54 54
А81-6	28,0	220/380 500	97,5/56,5 43,0	975 975	423/300 423/300	130 130	0,55 0,55	72 72
А82-6	40,0	220/380 500	136,0/79,8 59,8	975 975	423/300 423/300	180 180	0,55 0,55	72 72
А91-6	40,0	220/380 500	183,0/106,0 80,0	980 980	493/350 493/350	160 160	0,60 0,60	72 72
А92-6	75,0	220/380 500	243,0/141,0 107,0	980 980	493/350 493/350	220 220	0,60 0,60	72 72
А61-8	4,5	220/380 500	18,0/ 11,0 8,5	730 730	327/230 327/230	75 75	0,40 0,40	54 54
А62-8	7,0	220/380 500	28,0/ 16,0 12,0	730 730	327/230 327/230	100 100	0,40 0,40	54 54
А71-8	10,0	220/380 500	38,0/ 22,0 16,5	730 730	368/260 368/260	100 100	0,45 0,45	48 48
А72-8	14,0	220/380 500	52,0/ 30,0 23,0	730 730	368/260 368/260	135 135	0,45 0,45	48 48

Примечания: 1. Размеры трапецеидного паза показаг ширины паза: следующее число — меньший размер ширины паз означает ширину щели (шлица) полузакрытого паза.

2. Для некоторых типов машин полное количество проводник число слева означает количество эффективиых проводник типов полное количество находящихся в пазу проводников равняет

Продолжение табл. 65

Статор							Ротор короткозамкнутый	
Размеры паза (в *мм*)	Размеры провода (голого/изолированного марки ПЭЛБО) (в *мм*)	Вес провода (голого/изолированного) (в *кг*)	Полное число проводников в пазу	Шаг по пазам	Число параллельных ветвей	Сопротивление фазы при 15° (в *ом*)	Число пазов	Полный вес алюминия для заливки ротора (в *кг*)
$\frac{11{,}9\text{-}8{,}7}{28{,}8}3{,}2$	1,62/1,805	12,50/12,90	38	1- 8	3	0,1960	44	5,50
	1,40/1,585	12,30/12,70	50	1- 8	3	0,1960	44	5,50
$\frac{10{,}0\text{-}7{,}35}{31{,}8}3{,}2$	1,45/1,635	20,80/21,40	24×2	1-11	3	0,1390	58	7,00
	1,56/1,745	22,10/22,80	22×2	1-11	2	0,2480	58	7,00
$\frac{10{,}0\text{-}7{,}35}{31{,}8}3{,}2$	1,40/1,585	24,50/25,30	18×3	1-11	3	0,0840	58	9,80
	1,45/1,635	23,40/24,10	24×2	1-11	3	0,1560	58	9,80
$\frac{11{,}5\text{-}8{,}4}{37{,}0}3{,}2$	1,45/1,635	33,60/34,60	34×2	1-11	6	0,0560	58	12,70
	1,60/1,685	34,80/35,80	22×3	1-11	3	0,0902	58	12,70
$\frac{11{,}5\text{-}8{,}4}{37{,}0}3{,}2$	1,68/1,865	38,80/40,00	26×2	1-11	6	0,0360	58	14,80
	1,45/1,635	38,00/39,00	34×2	1-11	6	0,0630	58	14,80
$\frac{10{,}5\text{-}7{,}4}{28{,}0}3{,}2$	1,16/1,370	7,10/7,45	32×2	1- 7	-	1,0500	58	4,20
	1,45/1,660	7,30/7,60	42	1- 7	-	1,7700	58	4,20
$\frac{10{,}5\text{-}7{,}4}{28{,}0}3{,}2$	1,36/1,560	8,10/8,40	24×2	1- 7	-	0,6480	58	4,60
	1,16/1,370	7,90/8,30	32×2	1- 7	-	1,1600	58	4,60
$\frac{13{,}3\text{-}9{,}6}{29{,}8}3{,}2$	1,56/1,745	10,60/11,00	24×2	1- 6	-	0,4760	44	5,00
	1,35/1,535	10,60/11,00	32×2	1- 6	-	0,8500	44	5,00
$\frac{13{,}3\text{-}9{,}6}{29{,}8}3{,}2$	1,56/1,745	13,40/13,80	18×3	1- 6	-	0,2680	44	5,50
	1,35/1,536	13,40/13,80	24×3	1- 6	-	0,4790	44	5,50

дробью: первое слева число в числителе означает больший размер в знаменателе показана глубина паза от усика; последнее число

находящихся в пазу, показано в виде произведения, причем первое второе — количество параллельных проводников. Для остальных количеству эффективных проводников.

Нормальные обмоточные данные асинхронных электродвигателей

Тип электродвигателя	Номинальная мощность (в *квт*)	Напряжение (в *в*)	Ток (в *а*)	Номинальная скорость вращения (в об/мин)	Ста		
					Диаметр активной стали (наружный/внутренний) (в *мм*)	Длина активной стали без каналов	Воздушный зазор (в *мм*)
147-12	140	3000	40	485	850/640,3	290	0,9
148-12	165	3000	46	485	850/640,3	330	0,9
1410-12	210	3000	59	490	850/640,3	410	0,9
147-10	200	3000	52	585	850/640,3	290	0,9
148-10	230	3000	50	585	850/640,3	330	0,9
1410-10	280	3000	71	585	850/640,3	410	0,9
1410-10	200	6000	27	590	850/640,3	410	0,9
158-12	260	3000	71	490	990/750,3	330	1,0
1510-12	320	3000	85	490	990/750,3	410	1,0
1512-12	390	3000	101	490	990/750,3	490	1,0
1510-12	280	6000	38	490	990/750,3	410	1,0
1512-12	330	6000	45	490	990/750,3	490	1,0
158-10	350	3000	89	585	990/750,3	330	1,1
1510-10	430	3000	107	585	990/750,3	410	1,1

Таблица 66

серий ДАМСО и ФАМСО на 3000—6000 *в*

тор

Число пазов	Размеры паза (в *мм*)	Размеры провода (голого/изолированного) марки ПБД	Вес изолированного провода (в *кг*)	Число проводников в пазу	Шаг по пазам	Сопротивление фазы при 15° (в *ом*)
90	11,6×60,5/64,5	6,4×1,45/6,65×1,70	126	22	1-8	0,960
90		6,4×1,68/6,65×1,93	135	20	1-7	0,760
90		6,4×2,26/6,70×2,56	162	16	1-7	0,520
90		6,4×1,95/6,70×2,25	145	18	1-9	0,610
90		6,4×2,26/6,70×2,56	156	16	1-9	0,505
90		6,4×2,63/6,70×2,93	172	14	1-8	0,409
90		4,7×1,00/4,95×1,25	98	26	1-9	3,000
90	14,0×68,5/72,5	4,1×2,63/4,40×2,93	232	32	1-8	0,345
90		4,1×3,28/4,40×3,58	274	28	1-7	0,255
90		4,1×1,81/4,35×2,06	294	48	1-7	0,211
90		6,9×1,25/7,15×1,50	182	26	1-8	1,630
90		6,9×1,68/7,15×1,93	227	22	1-8	1,100
90		4,1×1,45/4,35×1,70	230	14×4	1-8	0,270
90		4,1×1,81/4,35×2,06	275	12×4	1-8	0,206

Тип электродвигателя	Номинальная мощность (в *квт*)	Напряжение (в *в*)	Ток (в *а*)	Номинальная скорость вращения (в об/мин)	Ста		
					Диаметр активной стали (наружный/внутренний) (в *мм*)	Длина активной стали без каналов	Воздушный зазор (в *мм*)
157-10	260	6000	35	590	990/750,3	290	1,1
1512-10	520	3000	129	590	990/750,3	490	1,1
158-10	310	6000	40	590	990/750,3	330	1,1
1510-10	400	6000	51	590	990/750,3	410	1,1
1512-10	480	6000	61	590	990/750,3	490	1,1
147-8	260	3000	68	735	850/605,3	290	1,0
148-8	310	3000	79	735	850/605,3	330	1,0
1410-8	370	3000	92	735	850/605,3	410	1,0
148-8	240	6000	32	740	850/605,3	330	1,0
1410-8	280	6000	37	740	850/605,3	410	1,0
147-8	200	6000	27	740	850/605,3	290	1,0
157-8	440	3000	110	735	990/728,3	290	1,1
158-8	500	3000	123	735	990/728,3	330	1,1
1510-8	625	3000	152	735	990/728,3	410	1,1
1512-8	700	3000	168	735	990/728,3	490	1,1

Продолжение табл. 66

тор

Число пазов	Размеры паза (в *мм*)	Размеры провода (голого/изолированного) марки ПБД (в *мм*)	Вес изолированного провода (в *кг*)	Число проводников в пазу	Шаг по пазам	Сопротивление фазы при 15° (в *ом*)
90	14,0×68,5/72,5	6,9×1,00 / 7,15×1,25	150	30	1-9	2,070
90	14,0×68,5/72,5	4,1×2,26 / 4,40×2,56	308	10×4	1-8	0,157
90	14,0×68,5/72,5	6,9×1,16 / 7,15×1,41	175	28	1-9	1,760
90	14,0×68,5/72,5	6,9×1,68 / 7,15×1,93	215	22	1-9	1,045
90	14,0×68,5/72,5	6,9×2,10 / 7,20×2,40	238	18	1-9	0,765
72	13,4×71,0/75,0	3,8×2,44 / 4,10×2,74	178	18×2	1-9	0,362
72	13,4×71,0/75,0	3,8×2,83 / 4,10×3,13	195	16×2	1-9	0,291
72	13,4×71,0/75,0	3,8×3,28 / 4,10×3,58	213	14×2	1-8	0,234
72	13,4×71,0/75,0	6,4×1,00 / 6,65×1,25	126	32	1-9	2,030
72	13,4×71,0/75,0	6,4×1,35 / 6,65×1,60	156	26	1-9	1,340
84	12,2×71,5/75,5	5,1×1,00 / 5,35×1,25	112	32	1-10	2,870
72	16,1×68,0/73,0	5,1×1,45 / 5,35×1,70	237	14×4	1-9	0,183
72	16,1×68,0/73,0	5,1×1,81 / 5,35×2,06	249	22×2	1-9	0,483
72	16,1×68,0/73,0	5,1×2,26 / 5,40×2,56	272	18×2	1-9	0,358
72	16,1×68,0/73,0	5,1×2,63 / 5,40×2,93	298	16×2	1-8	0,268

Тип электродвигателя	Номинальная мощность (в *квт*)	Напряжение (в *в*)	Ток (в *а*)	Номинальная скорость вращения (в об/мин)	Ста		
					Диаметр активной стали (наружный/внутренний) (в *мм*)	Длина активной стали без каналов	Воздушный зазор (в *мм*)
157-8	320	6000	41	740	990/728,3	290	1,1
158-8	380	6000	47	740	990/728,3	330	1,1
1510-8	475	6000	58	740	990/728,3	410	1,1
1512-8	570	6000	70	740	990/728,3	490	1,1
147-6	380	3000	92	985	850/605,3	290	1,1
148-6	430	3000	104	985	850/605,3	330	1,1
1410-6	520	3000	123	985	850/605,3	410	1,1
148-6	310	6000	39	985	850/605,3	330	1,1
1410-6	380	6000	46	985	850/605,3	410	1,1
157-6	600	3000	143	985	990/705,3	290	1,4
158-6	680	3000	163	985	990/705,3	330	1,4
1510-6	850	3000	200	985	990/705,3	410	1,4
1512-6	1000	3000	234	985	990/705,3	490	1,4
157-6	460	6000	55	985	990/705,3	290	1,4
158-6	550	6000	66	985	990/705,3	330	1,4

Продолжение табл. 66

тор

Число пазов	Размеры паза (в *мм*)	Размеры провода (голого/изолированного) марки ПБД (в *мм*)	Вес изолированного провода (в *кг*)	Число проводников в пазу	Шаг по пазам	Сопротивление фазы при 15° (в *ом*)
72	16,1×68,0/73,0	4,4×1,00 / 4,65×1,25	162	30×2	1-9	1,410
72	16,1×68,0/73,0	4,4×1,25 / 4,65×1,50	185	26×2	1-9	1,020
72	16,1×68,0/73,0	4,4×1,68 / 4,65×1,93	230	22×2	1-9	0,700
72	16,1×68,0/73,0	4,4×2,10 / 4,70×2,40	250	18×2	1-9	0,512
72	14,7×57,0/62,0	4,4×2,44 / 4,70×2,74	186	14×2	1-12	0,283
72	14,7×57,0/62,0	4,4×3,05 / 4,70×3,35	211	12×2	1-12	0,203
72	14,7×57,0/62,0	4,4×1,68 / 4,65×1,93	217	10×4	1-12	0,166
72	14,7×57,0/62,0	3,6×1,00 / 3,78×1,25	118	24×2	1-12	0,164
72	14,7×57,0/62,0	3,5×1,16 / 3,78×1,41	132	22×2	1-11	1,360
72	16,0×66,5/71,5	5,1×1,68 / 5,35×1,93	261	12×4	1-11	0,148
72	16,0×66,5/71,5	5,1×2,10 / 5,40×2,40	295	20×4	1-12	0,111
72	16,0×66,5/71,5	5,1×2,83 / 5,40×3,13	353	8×4	1-12	0,0711
72	16,0×66,5/71,5	5,1×1,68 / 5,35×1,93	327	12×4	1-11	0,186
72	16,0×66,5/71,5	4,1×1,35 / 4,35×1,60	184	24×2	1-12	0,995
72	16,0×66,5/71,5	4,1×1,81 / 4,35×2,06	215	20×2	1-12	0,645

Тип электродвигателя	Номинальная мощность (в квт	Напряжение (в в	Ток (в а)	Номинальная скорость вращения (в об/мин)	Ста		
					Диаметр активной стали (наружный/внутренний) (в мм)	Длина активной стали без каналов	Воздушный зазор (в мм)
1510-6	650	6000	77	985	990/705,3	410	1,4
1512-6	780	6000	92	985	990/705,3	490	1,4
146-4	430	3000	102	1480	850/545,3	250	1,5
147-4	500	3000	118	1480	850/545,3	290	1,5
148-4	570	3000	132	1480	850/545,3	330	1,5
1410-4	680	3000	136	1480	850/545,3	410	1,5
147-4	360	6000	43	1485	850/545,3	290	1,5
148-4	440	6000	52	1485	850/545,3	330	1,5
1410-4	500	6000	59	1485	850/545,3	410	1,5
158-4	850	3000	196	850	990/640,3	330	2,0
1510-4	1100	3000	252	1100	990/640,3	410	2,0
1512-4	1250	3000	285	1250	990/640,3	490	2,0
158-4	680	6000	79	1485	990/640,3	330	2,0
1510-4	850	6000	98	1485	990/640,3	410	2,0
1512-4	1050	6000	120	1485	990/640,3	490	2,0

Продолжение табл. 66

тор						
Число пазов	Размеры паза (в *мм*)	Размеры провода (голого/изолированного) марки ПБД (в *мм*)	Вес изолированного провода (в *кг*)	Число проводников в пазу	Шаг по пазам	Сопротивление фазы при 15° (в *ом*)
72	16,0×66,5/71,5	4,1×2,26 / 4,40×2,56	227	16×2	1-12	0,460
72	16,0×66,5/71,5	4,1×2,83 / 4,40×3,13	262	14×2	1-11	0,333
60	15,3×62,6/67,6	4,7×2,63 / 5,00×2,93	194	14×2	1-14	0,216
60	15,3×62,6/67,6	4,7×1,45 / 4,95×1,70	197	12×4	1-14	0,174
60	15,3×62,6/67,6	4,7×1,81 / 4,95×2,06	191	18×2	1-14	0,435
60	15,3×62,6/67,6	4,7×2,10 / 5,00×2,40	193	16×2	1-12	0,344
60	15,3×62,6/67,6	3,8×1,08 / 4,05×1,33	120	24×2	1-13	1,200
60	15,3×62,6/67,6	3,8×1,25 / 4,05×1,50	131	22×2	1-13	0,990
60	15,3×62,6/67,6	3,8×1,45 / 4,05×1,70	145	20×2	1-12	0,805
60	18,0×68,0/74,0	5,9×2,10 / 6,20×2,40	312	10×4	1-13	0,087
60	18,0×68,0/74,0	5,9×1,81 / 6,15×2,06	355	8×6	1-13	0,057
60	18,0×68,0/74,0	5,9×1,68 / 6,15×1,93	360	12×4	1-13	0,150
60	18,0×68,0/74,0	5,1×1,68 / 5,35×1,93	227	20×2	1-13	0,510
60	18,0×68,0/74,0	5,1×2,26 / 5,40×2,56	258	16×2	1-13	0,340
60	18,0×68,0/74,0	5,1×2,83 / 5,40×3,13	306	14×2	1-13	0,250

Тип электродвигателя	Ротор короткозамкнутый		Ротор		
	Число пазов	Полный вес меди и латуни (в кг)	Ток ротора (в а)	Напряжение на кольцах (в в)	Число пазов
147-12	106	98,2	295	305	108
148-12	106	105,7	300	350	108
1410-12	106	120,1	305	440	108
147-10	106	98,2	345	370	105
148-10	106	120,1	350	415	105
1410-10	106	120,1	350	500	105
1410-10	106	120,1	245	520	105
158-12	106	141,4	395	420	108
1510-12	106	160,3	400	505	108
1512-12	106	179,5	410	595	108
1510-12	106	160,3	340	520	108
1512-12	106	179,5	335	615	108
158-10	106	141,5	440	500	105
1510-10	106	160,3	460	590	105
1512-10	106	179,5	465	710	105
157-10	106	131,6	365	445	105
158-10	106	141,4	405	480	105
1510-10	106	160,3	415	615	105
1512-10	106	179,5	400	750	105
147-8	86	105,0	445	370	84
148-8	86	112,7	470	420	84
1410-8	86	128,3	470	505	84
148-8	86	112,7	360	420	84
1410-8	86	128,3	335	520	84
147-8	70	96,2	305	415	96
157-8	86	118,4	575	480	84
158-8	86	126,1	590	530	84
1510-8	86	141,6	600	650	84
1512-8	86	157,1	560	780	84
157-8	86	118,4	450	450	84

Продолжение табл. 66

трехфазный

Размеры паза (в *мм*)	Размеры медного голого провода (в *мм*)	Вес провода (в *кг*)	Полное число проводников в пазу	Сопротивление фазы при 15° (в *ом*)
7,7×47,9	18×2,10	99	2×2	0,01180
7,7×47,9	18×2,10	106	2×2	0,01250
7,7×47,9	18×2,10	120	2×2	0,01430
7,7×47,9	18×2,10	101	2×2	0,01190
7,7×47,9	18×2,10	108	2×2	0,01270
7,7×47,9	18×2,10	122	2×2	0,01350
7,7×47,9	18×2,10	122	2×2	0,01350
9,0×47,9	18×2,83	151	2×2	0,00965
9,0×47,9	18×2,83	173	2×2	0,01100
9,0×47,9	18×2,83	192	2×2	0,01220
9,0×47,9	18×2,83	173	2×2	0,01100
9,0×47,9	18×2,83	192	2×2	0,01220
9,0×47,9	18×2,83	155	2×2	0,00985
9,0×47,9	18×2,83	174	2×2	0,01110
9,0×47,9	18×2,83	195	2×2	0,01230
9,0×47,9	18×2,83	145	2×2	0,00930
9,0×47,9	18×2,83	155	2×2	0,00985
9,0×47,9	18×2,83	174	2×2	0,01110
9,0×47,9	18×2,83	195	2×2	0,01230
8,6×54,6	22×2,63	131	2×2	0,00650
8,6×54,6	22×2,63	140	2×2	0,00695
8,6×54,6	22×2,63	157	2×2	0,00780
7,7×47,9	18×2,10	91	2×2	0,01070
7,7×47,9	18×2,10	102	2×2	0,01200
7,7×47,9	18×2,10	98	2×2	0,01140
9,4×54,6	22×3,05	161	2×2	0,00600
9,4×54,6	22×3,05	172	2×2	0,00635
9,4×54,6	22×3,05	191	2×2	0,00710
9,4×54,6	22×3,05	211	2×2	0,00782
9,4×54,6	22×3,05	161	2×2	0,00600

Тип электродвигателя	Ротор короткозамкнутый		Ротор		
	Число пазов	Полный вес меди и латуни (в *кг*)	Ток ротора (в *а*)	Напряжение на кольцах (в *в*)	Число пазов
158-8	86	126,1	455	520	84
1510-8	86	141,6	480	620	84
1512-8	86	157,1	465	755	84
147-6	82	107,2	520	465	81
148-6	82	114,6	495	545	81
1410-6	-	129,3	485	655	81
148-6	-	114,6	355	540	81
1410-6	-	129,3	385	615	81
157-6	82	132,1	605	620	90
158-6	82	139,8	605	730	90
1510-6	82	156,2	580	910	90
1512-6	82	156,2	575	1080	90
157-6	82	156,2	495	610	90
158-6	82	156,2	495	730	90
1510-6	82	156,2	435	905	90
1512-6	82	156,2	450	1070	90
146-4	52	127,0	530	510	72
147-4	52	134,3	530	590	72
148-4	52	141,9	525	680	72
1410-4	52	159,4	520	820	72
147-4	52	134,9	355	615	72
148-4	52	141,9	405	670	72
1410-4	52	159,4	400	765	72
158-4	50	193,5	720	735	72
1510-4	50	212,6	735	920	72
1512-4	50	232,0	730	1060	72
158-4	50	193,5	575	735	72
1510-4	50	212,5	575	920	72
1512-4	50	232,0	620	1050	72

Примечания. 1. Размеры прямоугольного паза статора в
ле означает ширину паза, а второе — высоту паза до клина; число
2. О полном числе проводников в пазу см. примечание к табл. 65.
3. Катушечные группы соединены последовательно. Параллель-
4. Вес медной беличьей клетки в среднем составляет 45—48 %

Продолжение табл. 66

трехфазный

Размеры паза (в *мм*)	Размеры медного голого провода (в *мм*)	Вес провода (в *кг*)	Полное число проводников в пазу	Сопротивление фазы при 15° (в *ом*)
9,4×54,6	22×3,05	172	2×2	0,00635
9,4×54,6	22×3,05	191	2×2	0,00710
9,4×54,6	22×3,05	211	2×2	0,00782
8,6×54,6	22×2,63	140	2×2	0,00700
8,6×54,6	22×2,63	148	2×2	0,00740
8,6×54,6	22×2,63	165	2×2	0,00823
8,6×54,6	22×2,63	148	2×2	0,00740
8,6×54,6	22×2,63	165	2×2	0,00823
9,4×54,6	22×3,05	193	2×2	0,00715
9,4×54,6	22×3,05	204	2×2	0,00755
9,4×54,6	22×3,05	225	2×2	0,00835
9,4×54,6	22×3,05	247	2×2	0,00910
9,4×54,6	22×3,05	193	2×2	0,00715
9,4×54,6	22×3,05	204	2×2	0,00755
9,4×54,6	22×3,05	225	2×2	0,00835
9,4×54,6	22×3,05	247	2×2	0,00910
9,0×47,9	18×2,83	118	2×2	0,00740
9,0×47,9	18×2,83	124	2×2	0,00780
9,0×47,9	18×2,83	131	2×2	0,00820
9,0×47,9	18×2,83	144	2×2	0,00900
9,0×47,9	18×2,83	124	2×2	0,00780
9,0×47,9	18×2,83	131	2×2	0,00820
9,0×47,9	18×2,83	144	2×2	0,00900
9,4×54,6	22×3,05	184	2×2	0,00690
9,4×54,6	22×3,05	202	2×2	0,00755
9,4×54,6	22×3,05	220	2×2	0,00815
9,4×54,6	22×3,05	184	2×2	0,00690
9,4×54,6	22×3,05	202	2×2	0,00755
9,4×54,6	22×3,05	220	2×2	0,00815

свету показаны в виде произведения чисел. Первое число в числите-
в знаменателе показывает полную высоту паза.

ных ветвей в обмотках нет.
от полного веса меди и латуни короткозамкнутого ротора.

Нормальные обмоточные данные серий КТК и КТ

Тип электродвигателя	Номинальная мощность при ПВ 25% (в *квт*)	Фазный ток (в *а*)	Номинальная скорость вращения (в об/мин)	Ста… Диаметр активной стали (наружный/внутренний) (в *мм*)
22/1002	2,2- 2,4	7,0	910-945	265/155
30/1002	3,0- 3,3	9,4	915-940	265/155
40/1003	4,0- 4,5	10,8-11,4	925-950	290/180
55/1003	5,5- 6,2	15,0-15,5	945-955	290/180
75/1004	8,0- 9,0	20,0-20,5	945-970	330/215
110/1004	12,0-13,5	28,5-30,0	955-975	330/215
110/755	11,0-12,0	27,0-27,5	705-730	370/260
150/755	16,0-16,5	37,2-39,0	705-730	370/260
220/756	22,0-23,0	49,0-51,5	710-730	440/310
300/756	30,0-32,0	63,5-69,0	715-730	440/310
300/607	30,0	72,0	570	500/380
400/607	40,0	91,0	575	500/380
500/608	50,0	113,0	580	550/410
640/608	64,0	141,0	535	550/410
800/609	80,0	180,0	585	615/460
1000/609	100,0	215,0	585	615/460
1250/609	125,0	282,0	585	615/460

Таблица 67

крановых электродвигателей напряжением 220/380 *в*

тор

Длина активной части стали (в *мм*)	Воздушный зазор (в *мм*)	Число пазов	Размеры паза в штампе (в *мм*)	Размеры провода марки ПБД	Вес провода (в *кг*)	Число проводников в пазу	Шаг по пазам	Число параллельных ветвей
80	0,40	48	$\frac{9{,}2\text{-}6{,}5}{29{,}25}$	1,20	5,1	42	1-9	-
105	0,40	48		1,35	5,4	32	1-9	-
110	0,50	48	$\frac{9{,}0\text{-}7{,}2}{22{,}75}$	1,40	5,0	26	1-9	-
155	0,50	48		1,20	5,8	18×2	1-9	-
150	0,60	54	7,8×30,25	1,50	9,0	16×2	1-8	-
220	0,60	54	7,8×30,25	1,74	10,1	22	1-8	2
180	0,65	48	10,5×28,25	1,45	12,0	16×3	1-6	-
250	0,65	48	10,5×28,25	1,68	14,5	12×3	1-6	-
200	0,75	72	8,2×33,25	1,68	18,5	16×2	1-9	2
290	0,75	72	8,2×33,25	1,95	23,0	12×2	1-9	2
270	1,00	90	8,6×35,25	1,95	34,0	28	1-9	5
340	1,00	90	8,6×35,25	2,25	40,5	22	1-9	5
300	1,00	90	9,0×37,25	1,81	44,0	20×2	1-9	5
380	1,00	90	9,0×37,25	1,95	47,2	32	1-9	10
330	1,25	90	10,4×42,75	2,44	72,0	16×2	1-9	5
430	1,25	90	10,4×42,75	1,81	75,0	26×2	1-9	10
530	1,25	90	10,4×42,75	2,44	90,0	10×3	1-9	5

Тип электро-двигателя	Ротор короткозамкнутый		Ротор	
	Число пазов	Полный вес меди (в *кг*)	Число пазов	Размеры паза (в *мм*)
22/1002	52	2,9	36	$\frac{8,5-5,2}{23,85}$
30/1002	52	3,2	36	
40/1003	58	4,1	36	$\frac{8,7-6,3}{22,85}$
55/1003	58	4,8	36	
75/1004	58	6,5	36	$\frac{9,7-6,4}{28,6}$
110/1004	58	8,1	36	
110/755	68	10,1	72	5,2×23,85
150/755	68	12,0	72	5,2×23,85
220/756	84	13,0	96	5,2×24,25
300/756	84	16,0	96	5,2×24,25
300/607	-	-	120	5,2×23,75
400/607	-	-	120	5,2×23,75
500/608	-	-	120	5,2×30,75
640/608	-	-	120	5,2×30,75
800/609	-	-	120	6,0×31,10
1000/609	-	-	120	6,0×31,10
1250/609	-	-	120	6,0×35,10

Примечания: 1. Меньшие значения мощности и скорости вра
2. Роторные обмотки двигателей серий КТ 75/1004 и 110/1004 име
телей серии КТ параллельные ветви отсутствуют.
3. Размеры трапецевидного паза показаны дробью: в числителе
меньший размер ширины паза; число в знаменателе показывает глу
Пояснение о полном числе проводников в пазу см. в примечании

Продолжение табл. 67

трехфазный

Размеры провода марки ПБД	Вес провода (в *кг*)	Число проводников в пазу	Шаг по пазам
1,56	3,3	24	1-7
1,56	3,7	24	1-7
1,56	4,0	24×2	1-7
1,56	4,7	24	1-7
2,10	6,6	18	1-7
2,10	8,0	18	1-7
2,44×9,3 (голый)	10,5	2	1-10
2,44×9,3 (голый)	12,5	2	1-10
2,44×9,3 (голый)	15,5	2	1-13
2,44×9,3 (голый)	18,8	2	1-13
2,44×9,3 (голый)	23,0	2	1-13
2,44×9,3 (голый)	26,5	2	1-13
2,44×12,5 (голый)	34,0	2	1-13
2,44×12,5 (голый)	39,5	2	1-13
3,28×12,5 (голый)	52,5	2	1-13
3,28×12,5 (голый)	61,2	2	1-13
3,28×12,5 (голый)	70,0	2	1-13

щения соответствуют электродвигателям с фазным ротором.
ют по три параллельные ветви, в роторных обмотках других двига-

первое слева число означает больший размер ширины паза, второе —
бину паза.
к табл. 65.

Нормальные обмоточные данные синхронных генераторов серии ЕС

Тип генератора	Мощность (в *квт*)	Напряжение (в *в*)	Ток (в *а*)	Скорость вращения (в об/мин)	Ста			
					Диаметр активной стали (наружный/внутренний)(в *мм*)	Длина активной стали (в *мм*)	Воздушный зазор (в *мм*)	Число пазов
ЕС-5Д-4	5	230	15,7	1500	280/195	100	0,65	36
		400	9,07	1500	280/195	100	0,65	36
ЕС-62-4	10	230	31,4	1500	327/230	120	0,80	42
		400	18,2	1500	327/230	120	0,80	42
ЕС-80-4	20	230	62,7	1500	423/290	125	1,00	42
		400	36,2	1500	423/290	125	1,00	42
ЕС-82-4	30	230	94,0	1500	423/290	185	1,00	42
		400	54,0	1500	423/290	185	1,00	42
ЕС-91-4	50	230	157,0	1500	493/340	185	1,50	48
		400	90,7	1500	493/340	185	1,50	48
ЕС-93-4	75	230	235,0	1500	493/840	275	1,50	48
		400	136,0	1500	493/340	275	1,50	48
ЕС-81-6	20	230	62,7	1000	423/315	130	1,00	45
		400	36,2	1000	423/315	130	1,00	45
ЕС-83-6	30	230	94,0	1000	423/315	195	1,00	45
		400	54,0	1000	423/315	195	1,00	45
ЕС-92-6	50	230	157,0	1000	493/365	215	1,20	54
		400	90,7	1000	493/365	215	1,20	54
СГ-15/6	12	230	37,5	1000	394/300	110	1,00	54
		400	21,7	1000	394/300	110	1,00	54
СГ-25/6	20	230	63,0	1000	394/300	180	1,00	54
		400	36,0	1000	394/300	180	1,00	54
СГ-35/6	28	230	88,0	1000	444/330	155	1,00	54
		400	50,5	1000	444/330	155	1,00	54
СГ-45/6	36	230	113,0	1000	444/330	195	1,00	54
		400	65,0	1000	444/330	195	1,00	54
СГ-60/6	48	230	150,5	1000	444/330	275	1,00	54
		400	87,0	1000	444/330	275	1,00	54

Примечания: 1. Расшифровка размеров трапецевидного примечаниях к табл. 65.

2. Для синхронных генераторов СГ применяются щетки марки В наименовании типов генераторов буквы и цифры означают: габарит; вторая — длину; третья — число полюсов; СГ — синхрон тора в киловольтамперах; в знаменателе — число полюсов.

Таблица 68

и СГ напряжением 230 / 400 *в*

тор

Размеры паза (в *мм*)	Диаметр провода (голого/изолированного) (в *мм*)	Марка провода	Вес провода (в *кг*)	Число проводников в пазу	Число параллельных ветвей	Шаг по пазам	Сопротивление фазы при 20° (в *ом*)
11,4-9,8 / 14,80	1,25/1,46	ПЭЛБО	4,00	32	2	1- 8	0,4020
	1,35/1,56	ПЭЛБО	4,10	28	-	1- 8	1,2060
10,8-9,4 / 14,55	1,68/1,89	ПЭЛБО	5,50	18	2	1- 9	0,1680
	1,25/1,46	ПЭЛБО	5,40	32	2	1- 9	0,5420
12,0-10,3 / 17,00	1,68/1,89	ПЭЛБО	8,50	12×2	2	1- 9	0,0650
	1,25/1,46	ПЭЛБО	8,40	20×2	2	1-10	0,2120
	1,68/1,89	ПЭЛБО	9,80	3×3	2	1- 9	0,0334
	1,25/1,46	ПЭЛБО	9,50	14×3	2	1- 9	0,1060
12,9-11,1 / 20,700	1,95/2,22	ПБД	17,50	8×4	2	1-11	0,0185
	2,10/2,37	ПБД	17,90	10×2	2	1-12	0,0565
	2,10/2,37	ПБД	19,70	4×5	2	1-11	0,0100
	2,10/2,37	ПБД	20,70	7×3	2	1-11	0,0291
13,35×21,0	1,81/2,08	ПБД	12,65	16×2	2	1- 7	0,0746
	1,95/2,82	ПБД	12,80	28	2	1- 7	0,2240
	1,81/2,08	ПБД	14,80	16×2	3	1- 7	0,0390
	1,95/2,25	ПБД	15,00	28	3	1- 7	0,1174
11,1×20,2	1,68/1,89	ПЭЛБО	15,80	6×5	2	1- 8	0,0202
11,1×20,2	1,68/1,89	ПЭЛБО	16,90	10×3	2	1- 9	0,0600
10,0-8,7 / 14,90 3,5	1,74	ПБД	6,60	8×2	-	1- 9	0,1910
	1,88	ПБД	6,72	14	-	1- 9	0,5750
	1,88	ПБД	8,30	16	3	1- 8	0,0800
	1,74	ПБД	8,20	9×2	-	1- 8	0,2380
10,8-9,1 / 18,30 3,5	1,56	ПБД	11,00	14×2	3	1- 9	0,0550
	1,68	ПБД	11,00	8×3	-	1- 9	0,1630
	1,74	ПБД	11,70	12×2	3	1- 8	0,0385
	1,88	ПБД	11,70	20	3	1- 8	0,1100
	1,74	ПБД	15,10	8×3	3	1- 9	0,0216
	1,62	ПБД	15,20	14×2	3	1- 9	0,0656

паза и пояснения о количестве проводников в пазу приведены в

МГ размером 10×10 *мм*.

ЕС— синхронный генератор единой серии; первая цифра после букв—
ный генератор; цифры после букв: в числителе — мощность генера-

Продолжение табл. 68

Тип генератора	Ротор			
	Витков на полюс	Размер провода (голого/изолированного) марки ПБД (в *мм*)	Вес провода (в *кг*)	Сопротивление обмотки при 20° (в *ом*)
ЕС-50-4 ЕС-62-4	151 151 203 203	$\frac{1,45\times2,10}{1,72\times2,37}$	6,8 6,8 10,8 10,8	1,531 1,531 2,435 2,435
ЕС-80-4 ЕС-82-4	164 164 164 164	$\frac{1,68\times3,28}{1,95\times3,55}$	19,2 19,2 23,9 23,9	1,238 1,238 1,542 1,542
ЕС-91-4 ЕС-93-4	126 126 126 126	$\frac{2,44\times3,80}{2,77\times4,13}$	31,1 31,1 39,8 39,8	0,730 0,730 0,936 0,936
ЕС-81-6 ЕС-83-6	144 144 144 144	$\frac{1,68\times3,28}{1,95\times3,55}$	21,2 21,2 27,1 27,1	1,420 1,420 1,820 1,820
ЕС-92-6	101 101	$\frac{2,44\times3,80}{2,77\times4,13}$	36,7 36,7	0,900 0,900
СГ-15/6 СГ-25/6	129 129	1,81×3,28 1,81×3,28	17,3 17,3 23,9 23,9	0,982 0,982 1,357 1,357
СГ-35/6	116 116	1,81×3,28 1,81×3,28	19,8 19,8	1,120 1,120
СГ-45/6	116 116	1,81×3,28 1,81×3,28	24,3 24,3	1,300 1,300
СГ-60/6	116 116	1,81×3,28 1,81×3,28	31,0 31,0	1,650 1,650

§ 13. СИНХРОННЫЕ КОМПЕНСАТОРЫ СЕРИЙ КС, СКЗ И СКО

Синхронные компенсаторы серий КС, СКЗ и СКО (табл. 69) относятся к тихоходным электрическим машинам с горизонтально расположенным ротором с явно выраженными полюсами.

Компенсаторы серий КС и СКЗ вентилируются по замкнутому циклу. В компенсаторах серии СКО применяется протяжная система вентиляции. Статорная обмотка компенсаторов корзиночная, с конусным расположением лобовых частей, имеет корпусную и витковую микалентную компаундированную изоляцию.

Таблица 69

Основные технические данные синхронных компенсаторов серий КС, СКЗ и СКО

Тип компенсатора и возбудителя	Мощность (в *ква*)	Мощность (в *квт*)	Напряжение (в *в*)	Скорость вращения (в об/мин)	Вес с возбудителем и плитой (в *т*)
КС-30 000-11	30 000	-	10 500	600	127,25
ГП-150-600 *	-	150,0	250	600	-
КС-15 000-6	15 000	-	6 600	750	60,40
В-54/23-6 *	-	80,5	115	750	-
КС-13 500	13 500	-	11 000	750	60,40
В-54/23-6 *	-	80,5	115	750	-
КС-7500-1000	7 500	-	6 600	1000	27,10
ВС-34-18 *	-	48,0	115	1000	-
КС-5000-1000	5 000	-	6 600	1000	21,00
ВС-29,5-21 *	-	36,5	115	1000	-
СКЗ-8-10 000	10 000	-	6 300-6 600	750	-
СКЗ-8-15 000	15 000	-	6 300-6 600	750	-
СКЗ-10-20 000	20 000	-	6 300-6 600	600	-
СКЗ-10-25 000	25 000	-	6 300-6 600	600	-
СКЗ-8-9000	9 000	-	11 000	750	-
СКЗ-8-13 500	13 500	-	11 000	750	-
СКЗ-10-20 000	20 000	-	11 000	600	-
СКЗ-70-25 000	25 000	-	11 000	600	-
СКЗ-12-35 000	35 000	-	11 000	500	-
СКО-4-1000	1 000	-	6 300-6 600	1500	-
СКО-4-1500	1 500	-	6 300-6 600	1500	-
СКО-6-2500	2 500	-	6 300-6 600	1000	-
СКО-6-3500	3 500	-	6 300-6 600	1000	-
СКО-6-5000	5 000	-	6 300-6 600	1000	-
СКО-6-7500	7 500	-	6 300-6 600	1000	-

* Тип возбудителя.

Таблица 70

Основные параметры синхронных компенсаторов с воздушным охлаждением по ГОСТ 609—54

Номинальная мощность (при опережающем, при отстающем токе) (в *ква*)	Номинальное напряжение (в *кв*)	Номинальная скорость вращения (в об/мин)	Потери при номинальном режиме (в *квт*)
5 000/2 500	6,3; 10,5	1000	160
7 500/3 750	6,6; 11,0	1000	185
10 000/5 000	6,6; 11,0	750	225
15 000/7 500	6,6; 11,0	750	300
30 000/16 000	11,0	750	580

§ 14. ГИДРОГЕНЕРАТОРЫ СЕРИЙ СВ И ВВ

Мощные гидрогенераторы серий СВ и ВВ вертикального исполнения завода «Электросила» (табл. 71) конструктивно делятся на два типа: подвесной и зонтичный.

Статорная обмотка двухслойная катушечная (на напряжение 6,3 *кв* и выше) и стержневая.

Таблица 71

Основные данные гидрогенераторов серий СВ и ВВ завода «Электросила»

Тип	Мощность (в *ква*)	Скорость вращения (в об/мин)	Напряжение (в *в*)	Вес (в *т*): общий	Вес (в *т*): максимальный для монтажа	Вес (в *т*): максимальный транспортный
ВВ-4000	4 000	214,0	6 400	62,5	50	10,0
СВ-425/35-28	4 000	214,0	6 600	60,0	25	-
ВВ-654-375	4 650	375,0	6 300	49,7	25	21,5
ВВ-8750-75	8 750	75,0	11 000	250,0	140	30,0
СВ-425/60-24	10 000	250,0	6 600	98,5	60	37,0
ВВ-734-300	15 000	300,0	6 600	140,0	-	-
ВВ-844t-167	15 000	167,0	6 600	193,0	100	-
СВ-546/90-40	15 600	150,0	6 300	191,4	115	35,0
ВВ-654-500	16 500	500,0	11 000	128,0	50	25,0
СВ-800/76-60	18 000	100,0	10 500	350,0	168	-
ВВ-844-187	18 700	187,5	10 500	205,0	110	-
СВ-750/60-40	23 000	150,0	10 500	245,0	110	25,0
СВ-546/110-32	25 000	187,5	10 500	235,0	125	51,5
СВ-750/75-40	27 000	150,0	10 500	316,0	130	25,0
ВВ-1200-75	30 000	75,0	11 000	535,0	300	-
СВ-425/136-16	33 000	375,0	11 000	215,0	105	28,0
СВ-1250/170-96	68 750	62,5	13 800	1050,0	500	75,0

Роторы гидрогенераторов с явновыраженными полюсами. Полюсные сердечники, набранные из листовой стали толщиной 1—2 *мм*, с насаженными на них полюсными катушками укреплены на ободе ротора. Обод ротора выполнен из дисков или сегментов, набранных из листовой стали толщиной 6 *мм*. Если диаметр ротора около 4250 *мм*, то обод ротора насажен непосредственно на вал. При больших диаметрах активной стали ротора обод укреплен на специальной конструкции — роторной звезде.

Полюсные катушки намотаны из голой меди прямоугольного сечения, витковая изоляция класса А выполнялась в более ранних выпусках прокладками из электротехнического картона толщиной 0,3 *мм*, а для класса В — из асбеста толщиной 0,25—0,40 *мм*.

В настоящее время гидрогенераторы изготовляются по ГОСТ 5616—50. В современных конструкциях гидрогенераторов мощностью до 1000 *квт* допускается применение изоляции класса А, а в гидрогенераторах мощностью свыше 1000 *квт*, в частности, в гидрогенераторах серий СВ и ВВ, изоляция должна быть не ниже класса В. Предел допустимого превышения температуры обмотки статора с изоляцией класса В, пропитанной асфальто-битумным составом (компаундом),— не свыше 70° при температуре охлаждающего воздуха 35°.

§ 15. ТУРБОГЕНЕРАТОРЫ СЕРИЙ Т И Т2

Технические характеристики основных серий турбогенераторов завода «Электросила» приведены в табл. 72—76.

Первые две серии турбогенераторов — старая серия Т выпуска до 1929 г. (так называемая дробная серия) и модернизированная серия Т выпуска 1933 г. сняты с производства, однако данные о них представляют известный интерес ввиду их большого распространения.

Для турбогенераторов старой серии Т характерны следующие конструктивные особенности. Роторные поковки — массивные с радиальными фрезерованными пазами. Роторные бандажи тоже массивные, из немагнитной стали, имеют горячую посадку — на заточку зубцов и на звездочку вала ротора.

Изоляция статорной обмотки класса В. Пазовая часть обмотки изолирована твердопрессованной миканитовой гильзой на шеллачном лаке. Лобовая часть изолирована гибким миканитом, лакотканевыми и хлопчатобумажными лентами.

Обмотки статоров однослойные либо двухслойные. Лобовые части расположены в плоскостях, перпендикулярных к оси машины по эвольвентам.

Максимально допустимое превышение температуры для обмоток статора, измеренное по сопротивлению, не более 80° при температуре охлаждающего воздуха 35°.

Изоляция роторных обмоток выполнена следующим образом: в пазовой части — гильзы из гибкого миканита и кабельной бумаги, в лобовой части катушки имеют только междувитковую изоляцию из

миканитовых прокладок толщиной 0,4 *мм*, прибандажированных хлопчатобумажными лентами. Обмотки роторов всех турбогенераторов, за исключением типа Т2270/98, не запечены. Максимально допустимое превышение температуры для всех роторов турбогенераторов старой серии Т+70° при температуре охлаждающего воздуха 35°, за исключением ротора турбогенератора типа Т2270/98, для которого превышение температуры допускается 90°.

Турбогенераторы модернизированной серии Т резко отличаются от машин прежних выпусков. Статорные двухслойные обмотки турбогенераторов серии Т изолированы микалентой, имеют конусное расположение лобовых частей. Пазы статора открытые. Роторные обмотки запечены. Подбандажная изоляция состоит из нескольких слоев формовочного миканита.

Новейшие выпуски турбогенераторов серии Т2 по своим технико-экономическим показателям наиболее совершенны по сравнению с турбогенераторами других серий. Изоляция роторных обмоток этих турбогенераторов класса В запечена. Каждый виток роторных катушек изолирован по всей длине светлой микалентой или стеклолентой. В пазу катушки изолированы миканитовой гильзой. Лобовые части катушек имеют общую микалентную изоляцию, защищенную асбестовой лентой и алюминиевыми седлами (в более ранних выпусках, начиная с 1937 г.). Алюминиевые седла в лобовых частях роторных обмоток ставились только в турбогенераторах, начиная с типа Т2-3-2; теперь не применяются.

Как и в машинах серии Т, статорная обмотка турбогенераторов серии Т2 имеет микалентную компаундированную изоляцию класса В и конусное расположение лобовых частей.

В настоящее время турбогенераторы изготовляются по ГОСТ 533—51. В современных конструкциях турбогенераторов мощностью до 1500 *квт* и напряжением до 525 *в* допускается применять изоляцию класса А, а в более мощных турбогенераторах изоляция должна быть не ниже класса В.

Допустимые превышения температуры при продолжительной нагрузке для турбогенераторов серии Т2 не дожны быть выше значений, приведенных в табл. 72.

В случае применения для обмоток турбогенераторов мощностью до 6000 *квт* включительно пропиточных составов (компаундов) с температурой размягчения (по ГОСТ 2400—51) выше 105°, а также более теплостойкой изоляции, чем класса В, указанные в табл. 72 пределы допустимых превышений температуры обмоток статора и активной стали могут быть увеличены по специальным техническим условиям.

Начиная с 1945 г., завод «Электросила» выпускает турбогенераторы также и с воздушно-водородным охлаждением — серии ТВ. Применение водорода для охлаждения турбогенераторов позволяет увеличить к. п. д., повышает надежность машин в эксплуатации, исключает загрязнение машин и т. д.

Если турбогенераторы серии ТВ работают при воздушном охлаждении, то их номинальная мощность соответственно понижается на 40%.

Длительная перегрузка генераторов сверх токов, допустимых при данной температуре охлаждающего воздуха (газа), не разрешается.

В аварийных случаях допускается кратковременная перегрузка генераторов по токам статора и ротора, независимо от температуры охлаждающего воздуха (газа), в следующих размерах:

Кратность тока по отношению к номинальному	1,1	1,15	1,2	1,25	1,30	1,4	1,5
Продолжительность перегрузки (в мин.)	60,0	15,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0

Таблица 72

Допустимые превышения температуры для турбогенераторов серии Т2 при продолжительной нагрузке (по ГОСТ 533—51)

Активные части турбогенератора	Мощность (в *квт*)	Пределы допустимых превышений температуры при температуре охлаждающего воздуха (в град.)		
		40 (номинальные данные)	30	20
Обмотка статора . . .	До 12 000 включительно	65	75	85
	Свыше 12 000			75
Обмотка ротора . . .	До 12 000 включительно	90	100	110
	Свыше 12 000			100
Активная сталь . . .	До 12 000 включительно	65	75	85
	Свыше 12 000			75

§ 16. ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Согласно ГОСТ электрические машины новых выпусков (турбогенераторы мощностью свыше 1500 *квт*, гидрогенераторы 4000 *квт* и выше, компенсаторы — 15000 *ква* и выше, турбовозбудители — свыше 75 *квт*) должны иметь замкнутую систему охлаждения при помощи водяных охладителей (табл. 77). В турбо- и гидрогенераторах, компенсаторах и турбовозбудителях меньшей мощности допускается применение протяжной системы охлаждения *.

* В некоторых типах машин с протяжной системой охлаждения применяются висциновые воздушные фильтры. Для зарядки ячеек этих фильтров употребляют висциновое масло (ГОСТ 7611—55) или же его заменитель — смесь из 60% цилиндрового масла № 2 и 40% солярового масла. Ячейки висциновых фильтров рекомендуется промывать керосином, бензолом или горячим содовым раствором, а затем горячей водой и высушивать.

Таблица 73

Расчетные электрические характеристики турбогенераторов завода «Электросила»

Тип турбогенератора	Мощность (в *квт/ква*)	Скорость вращения (в об/мин)	cos φ	К. п. д. при номинальном cos φ (в %)	Напряжение (в *в*)	Ток ротора (в *а*)		Реактансы (в %)	
						при холостом ходе	при номинальной нагрузке	X''_d	X'_d
Т-265/50	750/ 938	3000	0,80	92,6	400/230	-	-	-	-
					525	39	95	-	-
					3150	-	-	16,0	20,0
Т-285/50	1 000/1 250	3000	0,80	92,8	400/230	-	-	-	-
					525	41	100	14,0	19,0
					6 300/3150	42	102	14,0	19,0
Т-275/60	1 500/1 875	3000	0,80	93,3	400	-	-	-	-
					525	-	-	-	-
					6 300/3150	48	121	14,0	19,0
ТА-290/70	2 000/2 500	3000	0,80	-	6 300/3150	-	-	13,0	20,0
Т-290/70	2 500/3 125	3000	0,80	93,7	400	-	-	-	-
					525	-	-	-	-
					6 300/3150	68	138	14,3	27,0
Т-2120/70	4 000/5 000	3000	0,80	94,4	6 300/3150	76	176	14,0	21,0
Т-2120/80	6 000/7 500	3000	0,80	-	6 300	-	-	-	-
Т-2140/80	6 000/7 500	3000	0,80	94,9	6 300/3150	74	155	14,4	22,0
Т-2175/87	10 000/12 500	3000	0,80	-	10 500/6300	-	-	-	-
Т-2210/87	12 000/15 000	3000	0,80	95,7	6 300	89	223	11,7	20,0
					10 500	-	-	-	-
Т-2270/98	24 000/30 000	3000	0,80	96,0	6 300	121	343	13,3	18,0
					10 500	-	-	-	-
Т-4376/142 (Т-50-4)	50 000/55 500	1500	0,90	97,5	10 500	318	639	13,4	23,5
Т-12-2	12 000/15 000	3000	0,80	96,3	6300/3150	-	-	12,6	21,0
					10500	-	-	14,0	23,0

Т-25-2	25 000/31 250	3000	0,80	96,5	6 300	172	382	12,3	22,0
					10 500	161	370	12,3	20,0
Т2-0,5-2	500/625	3000	0,80	92,6	400/230	48	109	14,5	22,5
					525	53	108	12,7	19,7
Т2-1-2	1 000/12 500	3000	0,80	93,5	400/230	45	106	15,5	22,0
					525	52	118	12,3	19,3
Т2А-1,5-2	1 500/1 875	3000	0,80	95,5	400/230	60	136	14,8	22,3
					525	60	131	11,0	14,5
					6300/3150	60	137	11,3	18,8
Т2-3-2	3 000/3 750	3000	0,80	94,3	6300/3150	116	246	12,1	19,1
Т2-3,5-2	3 500/4 375	3000	0,80	-	6300/3150	132	290	11,7	21,0
Т2-6-2	6 000/7 500	3000	0,80	96,1	6300/3150	132	280	11,7	20,2
Т2-12-2	12 000/15 000	3000	0,80	96,0	6300/3150	95	232	11,7	19,2
					10 500	90	241	13,2	22,2
Т2-25-2	25 000/31 250	3000	0,80	96,0	6 300	155/164	380/417	12,9	23,2
					10 500	147/155	384/421	13,2	24,2
Т2-50-2	50 000/58 800	3000	0,85	97,2	6 300	-	-	-	-
					10 500	246	565	12,9	21,4
Т2-100-2	100 000/111 000	3000	0,90	97,9	15 750	285	560	11,7	19,2

Примечания: 1. X''_d — мгновенный реактанц по продольной оси полюсов для положительного чередования фаз.

2. X'_d — переходный реактанц по продольной оси полюсов для положительного чередования фаз.

3. Турбогенераторы серий ТВ-25-2 и ТВ-100-2 с водородным охлаждением имеют мощность соответственно 35 750 и 12 500 *ква*. Для турбогенераторов типа Т2-25-2 последних выпусков (от № 840653 и выше) значения напряжений и токов в роторе показаны в знаменателе.

4. Буквы и числа в обозначении типа указывают: для генераторов серии Т (дробной серии): Т — турбогенератор, первая цифра после буквы означает число полюсов, остальные (две, три) — активную длину стали статора в сантиметрах, число под чертой — диаметр расточки статора в сантиметрах; для генераторов серии Т и Т2: первое число после обозначения серии указывает мощность генератора в тысячах киловатт, второе число — количество полюсов.

Обмоточные данные турбогенераторов

Тип турбогенератора	Номинальное напряжение (в *в*)	Число параллельных ветвей	Число выводов	Число витков на фазу	Длина витка обмотки статора (в *мм*)	Допускаемое импульсное напряжение (в *в*)		Номинальная плотность
						на корпус	между витками	статора
Т2-0,5-2	400/230	-	6	8	3 240	2000	2 000	4,00
	525	-	6	10	3 100	2000	2 000	4,05
Т2-1-2	400/230	2/2	6	5	3 960	2000	2 000	4,30
	525	2	4	6	4 000	2000	2 000	4,10
Т2А-1,5-2	400/230	2/2	6	4	4 050	2000	2 000	4,00
	525	2	6	4	4 350	2000	2 000	4,20
Т2-3-2	6300/3150	-/2	6	70/35	3 820	14 000/7500	1 600	3,70
	6300/3150	-/2	6	48/24	4 260	14 000/7500	1 600	3,25
Т2-3,5-2	6300/3150	-/2	6	48/24	4 140	14 000/7500	1 600	3,70
Т2-6-2	6300	-	6	24	5 050	1400	2 100	3,20
	3150	-	6	12	5 050	7500	7 500	3,20
Т2-12-2	6300/3150	-/2	6	16/8	7 620	14 000/7500	14 000	3,00
	10 500	-	6	28	7 790	23 000	3 000	3,00
Т2-25-2	6 300	2	9	10	9 960	14 000	14 000	3,30
	10 500	-	6	18	9 980	23 000	23 000	2,90
Т2-50-2	10 500	2	12	12	11 800	23 000	23 000	2,95
Т2-100-2	15 750	2	12	9	18 360	32 000	32 000	2,45

Примечания: 1. Данные по изоляции турбогенераторов
2. Для контактных колец роторов применяются щетки марки

*Верхние значения относятся к турбогенераторам типа Т2-25-2 до № 840653.

**Верхние значения относятся к турбогенераторам типа Т2-6-2 выпуска с

Таблица 74

серии Т2 завода «Электросила»

тока в обмотках (в $a/мм^2$)	Омическое сопротивление при 15° (в *ом*)		Наружный диаметр контактных колец (в *мм*)		Посадочные диаметры и толщина изоляции (в *мм*)			Количество щеток для контактных колец
ротора	фазы статора	ротора	нормальный	минимальный	Диаметр расточки контактного кольца	Наружный диаметр изолированной втулки (вала)	Толщина изоляции	
3,60	0,002310	0,385	250	240	-	-	-	8
3,65	0,003350	0,380						
3,50	0,000795	0,517	250	240	-	-	-	8
3,90	0,001520	0,500						
3,90	0,000478	0,510	315	300	-	-	-	10
3,75	0,000632	0,496	-	-	-	-	-	-
3,90	0,10600/0,0265	0,483	-	-	-	-	-	-
4,20	0,03440/0,0086	0,263	315	300	-	-	-	10
4,20	0,03230/0,0081	0,217	330	315	$232^{+0,05}$	$232,4^{\pm 0,1}$	1,20	10
4,10	0,012100	0,326	380**/350	365**/340	$302^{+0,05}$	$302,5^{\pm 0,05}$	1,50	16
4,10	0,003190	0,326						
3,40	0,00478/0,0012	0,547	420	405	$302^{+0,05}$	$302,5^{\pm 0,05}$	1,50	20
3,55	0,013800	0,547	430	407	$313^{-0,05}$	$313,4^{\pm 0,1}$	1,45	40
3,55	0,001990	0,382*/0,320						
3,60	0,005260	0,382*/0,320						
2,90	0,002260	0,226	430	407	$313^{-0,05}$	$313,4^{\pm 0,1}$	1,45	56
2,95	0,001340	0,374	430	407	$313^{-0,05}$	$313,4^{\pm 0,1}$	1,45	56

приведены в § 20
ЭГ-14 размером 22×30×60 *мм* (щеткодержатели типа ДБ22-30).

нижние—к позднейшим выпускам.

1937 г., нижние—к более ранним выпускам.

Таблица 75

Размеры активной стали статора турбогенераторов серии Т2

Тип турбогенератора	Диаметр активной стали (наружный/внутренний) (в *мм*)	Полная длина активной стали (в *мм*)	Количество пакетов	Количество вентиляционных каналов	Количество пазов	Размеры открытого паза (в *мм*)	Воздушный зазор (в *мм*)
Т2-0,5-2	990/500	450	13	12	24	16,0×70	13,0
Т2-1-2	990/500	750	17	16	30	14,0×90	13,0
Т2А-1,5-2	990/500	1000	19	18	42	17,0×102	13,0
Т2-3-2	1220/600	1100	18	17	36	22,0×120	17,5
Т2-3,5-2	1280/605	1150	22	21	48	18,5×117	17,5
Т2-6-2	1480/700	1350	28	27	36	22,5×135	20,0
Т2-12-2	1620/770	1900	39	38	48	20,5×135	21,0
Т2-25-2	1800/870	2700	56	55	54	23,5×170	28,0
Т2-50-2	2240/1075	3100	65	64	72	22,5×185	42,5
Т2-100-2	2330/1095	6350	133	132	54	26,5×230	52,5

Таблица 76

Вес и некоторые другие величины турбогенераторов завода «Электросила»

Тип генератора	Вес генератора и его частей (в *т*): общий	максимальный для монтажа	статора без щитов	ротора	Прогиб ротора в покое (в *мм*)	Расчетная критическая скорость (в об/мин)
Т-265/50	7,0	3,5	-	-	0,0630	3930
Т-285/50	8,1	4,1	-	-	0,0830	3400
Т-275/60	12,2	5,5	-	-	0,0425	4750
ТА-290/70	16,8	8,4	-	-	0,0480	4480
Т-290/70	16,8	8,5	-	-	0,0480	4480
Т-2120/70	20,0	10,6	-	-	0,0620	3900
Т-2140/80	31,2	17,8	-	-	0,0810	3430
Т-2210/87	50,6	31,6	-	-	0,1800	2300
Т-2270/98	94,8	55,0	-	18,0	0,3000	1800
Т-4376/142	146,0	76,0	-	58,5	0,2500	2000
Т2-05-2	7,0	4,0	3,0	1,5	0,0570	4120
Т2-1-2	8,0	4,2	4,0	1,8	0,0670	3800
Т2А-1,5-2	10,0	5,3	5,0	2,3	0,0730	3600
Т2-3-2	16,0	9,0	8,2	3,5	0,0330	3400
Т2-3,5-2	17,0	10,0	9,2	3,5	0,0030	3400
Т2-6-2	26,0	18,0	15,7	6,2	0,1000	2400
Т2-12-2	33,0	26,0	25,0	9,5	0,2000	2200
Т2-25-2	64,0	48,0	46,0	17,5	0,4000	1420
Т2-50-2	122,0	90,0	80,0	28,0	0,2600	1455
Т2-100-2	262,0	150,0	150,0	47,0	0,9700	750
Т2-12-2	44,7	31,0	-	12,2	0,1350	2660
Т-25-2	79,0	58,0	-	18,8	0,2200	2120

Таблица 77

Воздухоохладители турбогенераторов

Технические данные воздухоохладителей	Мощность турбогенератора (в *мгвт*)					
	3,5	6,0	12,0	25,0	25,0	50
Завод-изготовитель	«Электросила»				ХТГЗ	„Электросила"
Тип воздухоохладителей	ВОП-2	2 ВОП-3	ВОП-12	ВОП-25	-	ВОП-75
Расход воздуха, $м^3/сек$	3,9	8,0	12	18,0	-	32,0
Температура воздуха, град.	40,0	40,0	40	40,0	40	40,0
Потери, отводимые охладителем, *квт*	140,0	200,0	350	650,0	560	1200,0
Расход охлаждающей воды, $м^3/час$	60,0	80,0	100	300,0	200	220,0
Число секций	1,0	2,0	2	2,0	2	4
Температура охлаждающей воды, град.	+30,0	+30,0	+30	+30,0	+25	+30,0
Потери напора воздуха, *мм* вод. ст.	25,0	25,0	22	16,0	-	46,0
Поверхность охлаждения по воздуху, $м^2$	182,0	364,0	515	820,0	-	1790,0
Потери напора воды (гидравлическое сопротивление), *м.* вод. ст.	2,5	1,7	2	1,7	-	5,5
Вес секций с водой, *кг*	1285,0	1285,0	1600	2500	-	3000,0

Примечания: 1. Герметичность водяной системы воздухоохладителей испытывается гидравлическим давлением 3—5 *ати* в течение 5—10 мин. [23].

2. Разность между температурами охлаждающего воздуха и воды, поступающей в охладитель, не должна превышать 10° при температуре охлаждающей воды 25° и 7° при температуре охлаждающей воды 28° (ГОСТ 183—55).

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

ИЗОЛЯЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН. ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ И НОРМАЛИ

§ 17. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ. ИЗОЛЯЦИЯ ЯКОРНЫХ ОБМОТОК МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА (табл. 78-82)

В задачу ремонтного персонала входит не только восстановление оборудования в прежнем виде, но и его модернизация. Поэтому особое значение при ремонте приобретает правильный выбор изоляции электрических машин, во многом определяющий их надежность, долговечность и стоимость.

Из опыта известно, что применение для ремонта изоляции машин даже высококачественных материалов, но без учета конструкции и заводской технологии ее изготовления не дает положительных результатов и часто является причиной необоснованных материальных затрат.

Электромашиностроительные заводы, как правило, изготовляют изоляцию, особенно крупных ответственных машин, из высококачественных материалов по проверенной технологии, поэтому не следует без достаточных оснований изменять заводское исполнение изоляции ремонтируемых машин.

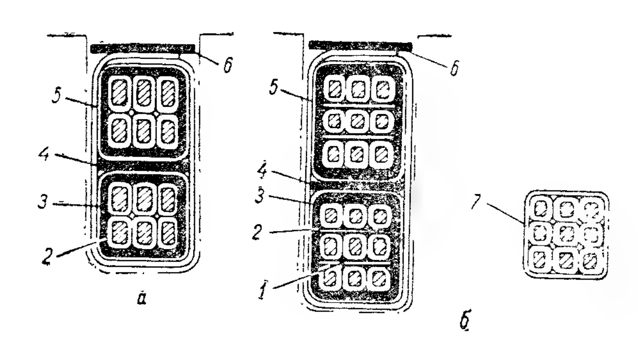
Среди существующих типов изоляции наиболее совершенной является тепло- и влагостойкая на кремнийорганических лаках, а также пленочная изоляция. Применяя эти типы изоляции, можно значительно повысить рабочую температуру обмоток, а следовательно, и мощность электрических машин без изменения заполнения паза. Поэтому при ремонтах машин не следует применять как основную изоляцию льняные и хлопчатобумажные ткани, рекомендуется заменять их тканями из стекловолокна, синтетическими пленками и другими теплостойкими материалами *.

Отечественные заводы накопили большой производственный опыт по применению в электрических машинах разных видов изолирующих материалов и конструкций изоляции. В табл. 78—109 приводятся справочные данные, в основном заводские нормали, по наиболее распространенным конструкциям изоляции электрических машин. Пользуясь таблицами, рекомендуется руководствоваться такими общими соображениями по выбору изоляции машин [15]:

* Межведомственный экспертно-технический совет при Государственной инспекции по промэнергетике и энергонадзоре (МЭС) принял специальное постановление о всемерном расширении применения при капитальных ремонтах электродвигателей стеклянной изоляции (в сочетании с теплостойкими кремнийорганическими лаками).

Таблица 78

Изоляция якорных шаблонных обмоток машин постоянного тока напряжением до 500 *в*, мощностью до 100 *квт* нормального исполнения



Изоляция класса А*.
Обмотка двухслойная секционная.
Провод прямоугольного сечения марок ПБД, ПЭЛБО

Позиции	Наименование	Толщина материала (в *мм*)	Число слоев	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*): по ширине	по высоте: *а*	по высоте: *б*
	Пазовая часть					
1	Электрокартон—прокладка между проводниками	0,20	10	-	-	0,2 на количество прокладок
	Разбухание изоляции от пропитки	-	-	0,20	0,20	0,20
2	Микафолий вокруг каждой стороны секции (перекрой сбоку) . .	0,15	$2\frac{1}{4}$	0,75	0,60	0,60

*Здесь и в последующем изложении показан общий класс изолирующих материалов, к которому они условно отнесены.

Продолжение табл. 78

Позиции	Наименование	Толщина материала (в *мм*)	Число слоев	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*) по ширине	по высоте *а*	по высоте *б*
3	Кабельная бумага вокруг каждой стороны секции (перекрой сбоку)	0,08	$2\frac{1}{4}$	0,40	0,32	0,32
	Всего на каждую сторону секции	-	-	1,35	1,12	1,12*
4	Электрокартон—прокладка между верхним и нижним слоями . .	0,30	-	-	0,30	0,30
5	Электрокартон — выкладка паза (перекрой сверху)	0,20	$1\frac{1}{4}$	0,40	0,60	0,60
6	Электрокартон — прокладка под бандаж .	0,50	-	-	0,50	0,50
	Зазор на укладку	-	-	0,20	0,20	0,20
	Всего на паз**	-	-	1,95	3,84	3,84*

Лобовая часть

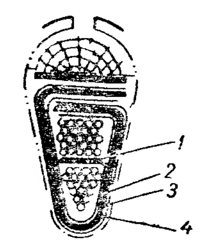
7	Миткалевая лента вполнахлеста . . .	0,15	1,0	0,60	0,60	0,60
	Разбухание изоляции от пропитки	-	-	0,20	0,20	0,20
	Припуск	-	-	0,50	0,50	0,50
	Всего на секцию	-	-	1,30	1,30	1,30

* Без позиции *1*.

** Здесь и в остальных таблицах раздела суммарный размер изоляции в пазу показан без учета толщины клина и толщины изоляции обмоточных проводов.

Таблица 79

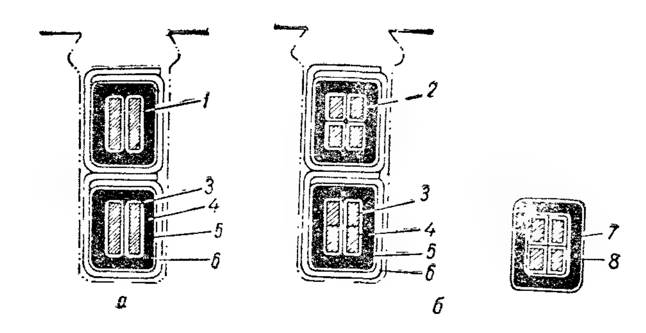
Изоляция якорных всыпных обмоток машин постоянного тока напряжением до 500 *в* малой мощности нормального исполнения



Изоляция класса А. Провод круглый марок ПБД, ПЭЛБО

Позиции	Наименование	Толщина материала (в *мм*)	Число слоев	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*): по ширине	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*): по высоте
	Пазовая часть				
1	Электрокартон — прокладка между секциями	0,5	-	-	0,5
2	Электрокартон — проходная коробочка	0,2	$1\frac{1}{4}$	0,4	0,6
3	Лакоткань *	0,2	$1\frac{1}{4}$	0,4	0,6
4	Электрокартон — выкладка паза	0,2	$1\frac{1}{4}$	0,4	0,6
	Всего на паз	-		1,2	2,3
	Лобовая часть				
	Электрокартон — прокладка между секциями	0,2	1,0	-	0,2

*При усиленной изоляции лакоткань заменяется гибким миканитом или стеклолакотканью.



Позиции	Наименование
	Пазовая
1	Микалента вполнахлеста на каждом проводнике в верхнем слое паза . . . .
2	Микалента вполнахлеста на каждой части подразделенного проводника в верхнем слое паза . . . .
3	Микалента вполнахлеста на каждом проводнике в нижнем слое паза . . . .
4	Микалента вполнахлеста вокруг группы проводников . . .
5	Тафтяная или стеклянная лента впритык вокруг группы проводников . . . .
	Разбухание изоляции от пропитки . . . .
6	Электрокартон на группе проводников (перекрой сверху)
	Припуск . . . .
	Всего на группу проводников верхнего слоя . . . . . .
	„ „ „ нижнего „ . . . .
	Зазор на укладку . . . .
	Всего на паз . . . .

Таблица 80

Микалентная усиленная изоляция якорных шаблонных обмоток машин постоянного тока напряжением до 1000 *в*

Изоляция класса В. Обмотка двухслойная секционная. Обмоточный провод голый

Для напряжения до 500 *в*										Для напряжения от 500 до 1000 *в*									
Толщина материала (в *мм*)	Число слоев	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*)								Толщина материала (в *мм*)	Число слоев	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*)							
		по ширине при числе секционных сторон в одном слое паза				по высоте						по ширине при числе секционных сторон в одном слое паза				по высоте			
		1	2	3	4	*а*	*б*					1	2	3	4	*а*	*б*		
часть																			
0,13	1,0	0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	-			0,13	1,0	0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	-		
0,13	1,0	0,5	1,0	1,5	2,0	-	1,0			0,13	1,0	0,5	1,0	1,5	2,0	-	1,0		
0,13	1,0	0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	0,5			0,13	1,0	0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	0,5		
0,13	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0			0,13	3,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		
0,20	1,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4			0,20	1,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4		
-	-	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			-	-	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3		
0,20	$1^1/_4$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6			0,20	$1^1/_4$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6		
-	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2			-	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		
-	-	2,8	3,3	3,8	4,3	3,0	3,5			-	-	3,3	3,8	4,3	4,8	3,5	4,0		
-	-	2,8	3,3	3,8	4,3	3,0	3,0			-	-	3,3	3,8	4,3	4,8	3,5	3,5		
-	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2			-	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		
-	-	3,0	3,5	4,0	4,5	6,2	6,7			-	-	3,5	4,0	4,5	5,0	7,2	7,7		

Позиции	Наименование
	Лобовая
1	Микалента вполнахлеста на каждом проводнике в верхнем слое . . . .
2	Микалента вполнахлеста на каждой части подразделенного проводника в верхнем слое . . . .
3	Микалента вполнахлеста на каждом проводнике в нижнем слое . . . .
7	Микалента вполнахлеста вокруг группы проводников . .
8	Тафтяная лента вполнахлеста . . . .
	Разбухание изоляции от пропитки . . . .
	Припуск . . . .
	Всего на проводники верхнего слоя . . . .
	„ „ „ нижнего „ . . . .

Примечания: 1. Данный тип изоляции применяется для большой надежностью, менее чувствительна к деформациям, име ков одной секции по высоте применяется для уменьшения добавоч

2. Допустимые отклонения размеров изолированной секции в па

1. Машины низковольтные, нормального исполнения, с изоляцией класса А. Витковая изоляция может применяться эмалевая, хлопчатобумажная, шелковая или комбинированная. Основная (корпусная) изоляция — лакоткань, лакошелк, синтопленки в комбинации со скрепляющими материалами — электрокартон и хлопчатобумажные ленты.

2. Машины низковольтные, влагостойкого исполнения, с изоляцией класса А. Витковая изоляция — эмалевая, хлопчатобумажная, шелковая, микалентная. Основная изоляция — миканиты, микафолий. В качестве механической защиты применяются: электрокартон, бумаги, хлопчатобумажные ленты.

3. Машины низковольтные, нормального исполнения, с изоляцией класса В. Витковая изоляция — асбест, стекловолокно

Продолжение табл. 80

Для напряжения до 500 *в*								Для напряжения от 500 до 1000 *в*							
Толщина материала (в *мм*)	Число слоев	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*)						Толщина материала (в *мм*)	Число слоев	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*)					
		по ширине при числе секционных сторон в одном слое паза				по высоте				по ширине при числе секционных сторон в одном слое паза				по высоте	
		1	2	3	4	*а*	*б*			1	2	3	4	*а*	*б*
часть															
0,13	1,0	0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	-	0,13	1,0	0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	-
0,13	1,0	0,5	1,0	1,5	2,0	-	1,0	0,13	1,0	0,5	1,0	1,5	2,0	-	1,0
0,13	1,0	0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	0,5	0,13	1,0	0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	0,5
-	-	—	—	-	-	-	-	0,13	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,20	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,20	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
-	-	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-	-	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
-	-	0,2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	-	-	0,2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2
-	-	1,8	2,4	3,0	3,5	1,8	2,3	-	-	2,3	2,9	3,5	4,1	2,3	2,8
-	-	1,8	2,4	3,0	3,5	1,8	1,8	-	-	2,3	2,9	3,5	4,1	2,3	2,3

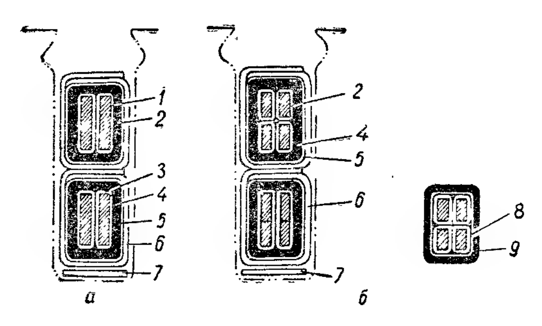
крупных электродвигателей прокатных станов. Изоляция отличается ющим место при укладке секций в пазы. Подразделение проводниных потерь в быстроходных машинах.

зовой части: по ширине ±0,10 *мм*; по высоте +0,00—0,20 *мм*.

или микалента. Основная изоляция — гибкие миканиты с бумажными подложками, микафолий, микалента, стеклоткань, стеклолакотканевая лента. В качестве механической защиты применяются: электрокартон, асбестовые и хлопчатобумажные ленты.

4. Машины низковольтные, с теплостойкой изоляцией классов ВС и СВ. Витковая изоляция — асбестовая, стекловолокнистая, стеклослюдяная. Основная изоляция — миканиты, стеклолакоткани и стекломиканиты, стекломикафолий, стекломикаленты, асбестовые материалы на специальных теплостойких лаках — глифталевых и кремнийорганических.

5. Машины напряжением 3000—3300 *в* с изоляцией класса А. Витковая изоляция — хлопчатобумажная или пленочная, дополнительные прокладки из электрокартона. Основная изоляция — черная лакоткань, синтолента (скрепленные хлопчато-бумажными лентами).



Позиции	Наименование	Для	
		Толщина материала (в *мм*)	Число слоев
	Пазовая		
1	Микалента вполнахлеста на каждом проводнике в верхнем слое паза	0,13	1,0
2	Микалента вполнахлеста на каждой части подразделенного проводника в верхнем слое паза	0,13	1,0
3	Микалента вполнахлеста в нижнем слое паза	0,13	1,0
4	Микафолий вокруг группы проводников (перекрой сбоку)	0,12	$2\frac{1}{4}$
5	Телефонная бумага лакированная вокруг группы проводников	0,03	$1\frac{1}{4}$
	Припуск	-	-
	Всего на группу проводников верхнего слоя	-	-
	„ „ „ „ нижнего „	-	-

Таблица 81

Микафолиевая усиленная изоляция якорных шаблонных обмоток средних и крупных машин постоянного тока напряжением до 1000 *в*

Изоляция класса В. Обмотка двухслойная секционная. Обмоточный провод голый

напряжения до 500 *в*						Для напряжения от 500 до 1000 *в*							
Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*)						Толщина материала (в *мм*)	Число слоев	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*)					
по ширине при числе секционных сторон в одном слое паза				по высоте				по ширине при числе секционных сторон в одном слое паза				по высоте	
1	2	3	4	*а*	*б*			1	2	3	4	*а*	*б*
часть													
0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	-	0,130	1,0	0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	-
0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	1,0	0,130	1,0	0,5	1,0	1,5	2,0	-	1,0
0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	0,5	0,130	1,0	0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	0,5
0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,120	$4\frac{1}{4}$	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0
0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,030	$1\frac{1}{4}$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	-	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
1,4	1,9	2,4	2,9	1,3	1,8	-	-	1,9	2,4	2,9	3,4	1,8	2,3
1,4	1,9	2,4	2,9	1,3	1,3	-	-	1,9	2,4	2,9	3,4	1,8	1,8

Позиции	Наименование	Для	
		Толщина материала (в *мм*)	Число слоев
6	Электрокартон на группе проводников каждого слоя (перекрой сверху)	0,20	$1\frac{1}{4}$
7	Электрокартон — прокладка на дне паза . .	0,30	1,0
	Зазор на укладку	-	-
	Всего на паз	-	-
		Лобовая	
1	Микалента вполнахлеста на каждом проводнике в верхнем слое паза	0,13	1,0
2	Микалента вполнахлеста на каждой части подразделенного проводника в верхнем слое паза	0,13	1,0
3	Микалента вполнахлеста на каждом проводнике в нижнем слое паза	0,13	1,0
8	Микалента вокруг группы проводников . .	-	-
9	Тафтяная или стеклянная лента вполнахлеста	0,20	1,0
	Лакировка	-	-
	Припуск	-	-
	Всего на группу проводников верхнего слоя	-	-
	„ „ „ „ нижнего „	-	-

Примечание. Допустимые отклонения размеров изолиро-
высоте + 0,00 − 0,20 *мм*.

Продолжение табл. 81

напряжения до 500 *в*						Для напряжения от 500 до 1000 *в*									
Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*)						Толщина материала (в *мм*)	Число слоев	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*)							
по ширине при числе секционных сторон в одном слое паза				по высоте				по ширине при числе секционных сторон в одном слое паза				по высоте			
1	2	3	4	*а*	*б*			1	2	3	4	*а*	*б*
0,4	0,4	0,4	0,4	0,6×2	0,6×2	0,200	$1^1/_4$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6×2	0,6×2
-	-	-	-	0,3	0,3	0,300	1,0	-	-	-	-	0,3	0,3
0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	-	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
2,0	2,5	3,0	3,5	4,3	4,8	-	-	2,5	3,5	3,5	4,0	5,3	5,8
часть													
0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	-	0,130	1,0	0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	-
0,5	1,0	1,5	2,0	-	1,0	0,130	1,0	0,5	1,0	1,5	2,0	-	1,0
0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	0,5	0,130	1,0	0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	0,5
-	-	-	-	-	-	0,130	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,200	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-	1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
0,2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	-	-	0,2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2
1,6	2,2	2,8	3,4	1,6	2,1	-	-	2,1	2,7	2,3	3,9	2,1	2,6
1,6	2,2	2,8	3,4	1,6	1,6	-	-	2,1	2,7	2,3	3,9	2,1	2,1

ванной секции в пазовой части: по ширине + 0,00—0,10 *мм;* по

Таблица 82

Нормальная изоляция коллектора (рис. 3)

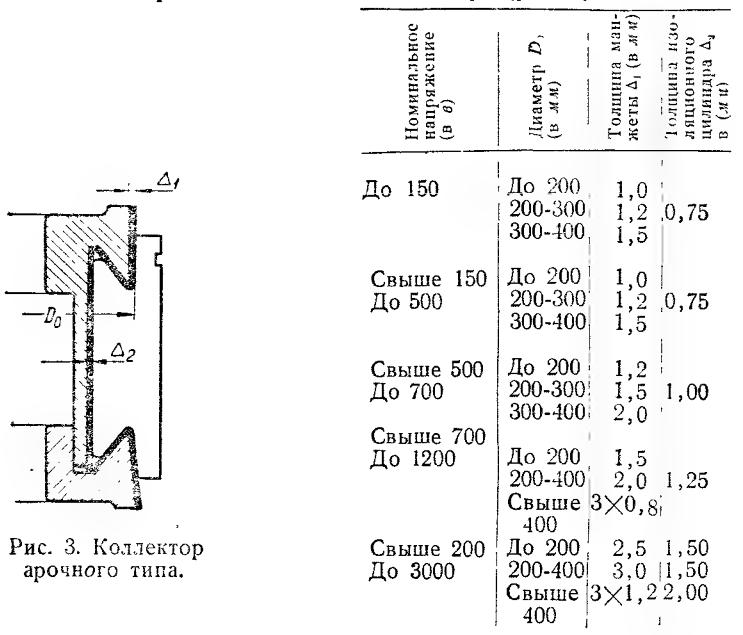


Рис. 3. Коллектор арочного типа.

Номинальное напряжение (в *в*)	Диаметр *D*, (в *мм*)	Толщина манжеты Δ_1 (в *мм*)	Толщина изоляционного цилиндра Δ_2, в (*мм*)
До 150	До 200	1,0	0,75
	200-300	1,2	
	300-400	1,5	
Свыше 150 До 500	До 200	1,0	0,75
	200-300	1,2	
	300-400	1,5	
Свыше 500 До 700	До 200	1,2	1,00
	200-300	1,5	
	300-400	2,0	
Свыше 700 До 1200	До 200	1,5	1,25
	200-400	2,0	
	Свыше 400	3×0,8	
Свыше 200 До 3000	До 200	2,5	1,50
	200-400	3,0	1,50
	Свыше 400	3×1,2	2,00

Примечания: 1. Допуск на толщину стенки манжеты устанавливается: при диаметре манжеты до 174 *мм* — верхнее отклонение +0,1 *мм*, нижнее — 0,15 *мм;* при диаметре свыше 174 *мм* соответственно верхнее отклонение + 0,25 *мм*, нижнее — 0,15 *мм*.

2. Изоляционные цилиндры и манжеты изготовляются из формовочного миканита марки ФМI.

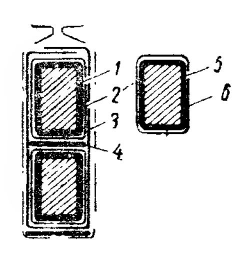
6. Машины напряжением 3000 — 16 000 *в* с изоляцией класса В. Витковая изоляция — двойная хлопчатобумажная или стеклянная обмотка, синтолента, микалента. Основная изоляция — микафолий (до 3000 *в*) и микалента. Материалы механически защищающие и скрепляющие основную изоляцию: хлопчатобумажные и асбестовые ленты, бумаги, электрокартон.

При ремонтах высоковольтных машин (напряжением 6000 *в* и выше) следует применять более совершенную непрерывную микалентную изоляцию. Микафолиевую изоляцию можно применять только в тех случаях, когда по условиям заполнения паза нельзя применить микалентную изоляцию.

§ 18. ИЗОЛЯЦИЯ РОТОРНЫХ ОБМОТОК АСИНХРОННЫХ И СИНХРОННЫХ МАШИН (табл. 83-87)

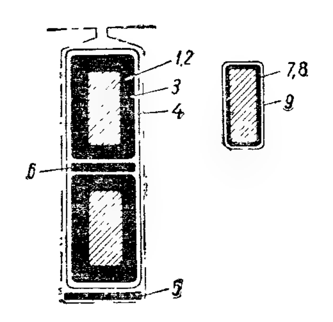
Таблица 83

Изоляция стержневых роторных обмоток нереверсивных электрических машин с напряжением на кольцах до 600 *в* и реверсивных до 300 *в* нормального, влагостойкого и усиленно влагостойкого исполнения



Класс изоляции ВС. Обмотка двухслойная стержневая
Обмоточный провод голый

Позиции	Наименование	Толщина материала (в *мм*)	Число слоев	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*) по ширине	по высоте
	Пазовая часть				
1	Микафолий на слюде флогопит .	0,15	$3^1/_4$	1,05	0,90×2
2	Стеклолента впритык	0,12	1	0,24	0,24×2
3	Электрокартон, пропитанный в лаке марки ЭФ-3	0,10	$1^1/_4$	0,20	0,30
4	Прокладка из микаэлектрокартона	0,40	2	-	0,80
	Зазор на укладку	-	-	0,30	1,00
	Всего на паз	-	-	1,79	4,38
	Лобовая часть				
5	Микалента светлая ЛФС 1 вполнахлеста	0,17	1	0,68	0,68
6	Стеклолента вполнахлеста . .	0,12	1	0,48	0,48
	Всего на стержень	-	-	1,16	1,16
	Допустимые отклонения размеров изолированного стержня:				
	пазовая часть	-	-	±0,30	±0,40
	лобовая »	-	-	±0,50	±0,50



Изоляция роторных обмоток исполнения с

Позиции	Наименование	Толщина материала (в *мм*)	по до 350 *в*
	Пазовая		
	Лакировка голого стержня	-	0,10
1	Бумага лакированная	0,10	1,10
2	Микафолий	0,18	-
3	Телефонная бумага	0,05	-
	Всего на стержень	-	1,20
4	Электрокартон — проходная коробочка в пазу	0,15-0,20	0,30
5	Электрокартон — прокладка на дне паза . .	-	-
6	Электрокартон между стержнями	-	-
	Зазор на укладку	-	0,20
	Всего на паз	-	1,70
	Варианты	-	I
	Лобовая		
7	Лакотканевая или стеклянная лента вполнахлеста	0,20	0,8
8	Микалента вполнахлеста	0,15-0,18	-
9	Хлопчатобумажная лента вполнахлеста * .	0,16-0,18	0,32
	Лакировка	-	-
	Всего на стержень	-	1,12

Примечание. Допустимые отклонення размеров изолированно

*Хлопчатобумажная лента для вариантов I и II наматывается впритык, для

Таблица 84

асинхроиных двигателей иормальиого напряжеиием на кольцах до 2000 *в*

Изоляция класса А (до 350 *в*) и В. Обмотка двухслойная стержневая. Обмоточный провод голый

Двухсторонняя толщина изоляции при напряжении на кольцах ротора (в *в*)								
ширине (в *мм*)				по высоте (в *мм*)				
до 500 *в*	500—1000 *в*	1000—1500 *в*	1500—2000 *в*	до 350 *в*	до 500 *в*	500—1000 *в*	1000—1500 *в*	1500—2000 *в*
часть								
0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
-	-	-	-	1,10	-	-	-	-
1,00	1,40	1,90	2,30	-	1,00	1,40	1,90	2,30
0,10	0,10	0,10	0,10	-	0,10	0,10	0,10	0,10
1,20	1,60	2,10	2,50	1,20	1,20	1,60	2,10	2,50
0,30	0,40	0,40	0,40	0,45	0,45	0,60	0,60	0,60
-	-	-	-	0,20	0,20	0,30	0,30	0,30
-	-	-	-	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
0,20	0,20	0,30	0,30	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
1,70	2,20	2,80	3,20	4,05	4,05	5,10	6,10	6,90
II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
часть								
-	-	-	-	0,8	-	-	-	-
0,6	0,60	1,20	1,44	-	0,60	0,60	1,20	1,44
0,36	0,72	0,72	0,72	0,32	0,36	0,72	0,72	0,72
0,1	0,10	0,10	0,10	-	0,10	0,10	0,10	0,10
1,06	1,42	2,02	2,26	1,12	1,06	1,42	2,02	2,26

го стержня в пазовой частн: по шнрнне ±0,1 *мм*; по высоте ±0,15 *мм.*

вариантов III, IV, V—вполнахлеста.

Таблица 85

Изоляция уголков стержневых роторных обмоток асинхронных двигателей нормального исполнения (рис. 4)

Напряжение на кольцах (в *в*)	Размеры (в *мм*)		
	А	*Б*	*В*
От 500 до 1500	25	20	15
» 1500 » 2000	30	25	20

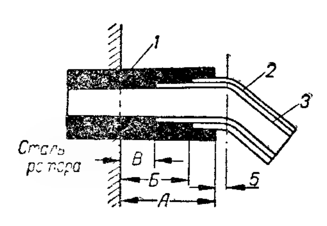


Рис. 4. Изоляция уголков:
1—бумага лакированная или микафолий; 2—хлопчатобумажная или стеклянная лента; 3—лакотканевая лента или микалента.

Таблица 86

Изоляция деталей крепления и соединения роторных обмоток асинхронных двигателей нормального исполнения (рис. 5)

Рис. 5. Изоляция деталей крепления и соединений:
а—ротор с обмоткодержателями; *б*—то же, без обмоткодержателей.

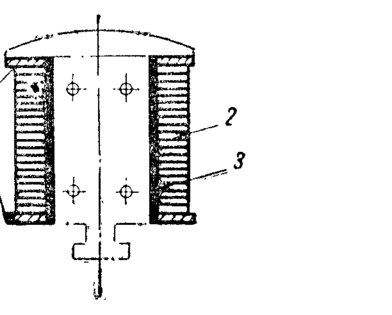
Позиции	Наименование	Толщина материала (в *мм*)	Число слоев
1	Изоляция бандажа:		
	киперная лента впритык	0,18	1,0
	электрокартон ЭВТ	0,50	1,0
	миканит формовочный	0,25	1,0
	электрокартон ЭВТ	0,50	1,0
2	Изоляция между верхним и нижним слоями стержней:		
	электрокартон ЭВТ	0,50	По месту
	тафтяная лента впритык	0,20	1,0
3	Изоляция контактных хомутиков в зависимости от напряжения на контактных кольцах:		
	до 500 *в* (вариант I, см. табл. 84) лакотканевая или стеклянная	0,20	1,0
	лента	0,20	1,0
	хлопчатобумажная лента до 500 *в* (вариант II)		

Продолжение табл. 86

Позиции	Наименование	Толщина материала (в *мм*)	Число слоев
	см. табл. 84) и от 500 до 1000 *в* лакотканевая или стеклянная лента	0,20	2,0
	хлопчатобумажная лента от 1000 до 2000 *в*	0,20	1,0
	Лакотканевая или стеклянная лента	0,20	3,0
	хлопчатобумажная лента . . .	0,20	1,0
4	Изоляция обмоткодержателей:		
	хлопчатобумажная полоса . . .	0,20	1,0
	электрокартон ЭВТ	0,50	1,0
	миканит формовочный ФФ . . .	0,20	1,0
	электрокартон ЭВТ	0,50	1,0
	тафтяная лента	0,20	По месту
	крученый шпагат	2,00	1,0
5	Изоляция между соединительными шинами:		
	электрокартон ЭВТ	0,50	По месту
6	Изоляция соединительных шин в зависимости от напряжения на контактных кольцах:		
	до 500 *в* варианты I и II (см. табл. 84) лакотканевая или стеклянная лента	2,00	1,0
	хлопчатобумажная лента от 500 до 1500 *в*	0,20	1,0
	лакотканевая или стеклянная лента	0,20	2,0
	хлопчатобумажная лента от 1500 до 2000 *в*	0,20	1,0
	лакотканевая или стеклянная лента	0,20	3,0
	хлопчатобумажная лента . . .	0,20	1,0
7	Дополнительная изоляция соединительных шин только в местах крепления:		
	электрокартон ЭВТ	0,20	1,0
	тафтяная лента впритык . . .	0,20	1,0

Таблица 87

Изоляция обмоток роторов с явновыраженными полюсами нормального исполнения

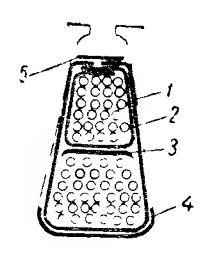


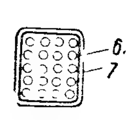
Полюсные катушки для малых синхронных машин наматываются проводом марок ПБД, ПДА или ПСД (без дополнительной витковой изоляции), а для средних и крупных синхронных машин— голым обмоточным проводом—на ребро прямоугольного сечения

Позиции	Класс А		Класс В		Класс ВС	
	Наименование	Толщина материала (в *мм*)	Наименование	Толщина материала (в *мм*)	Наименование	Толщина материала (в *мм*)
1	Гетинакс	—	Асбобакелит	—	Асбобакелит или стеклотекстолит	—
2	Электрокартон, покрытый лаком	0,2	Асбестовая бумага, покрытая теплостойким лаком	0,2—0,3	Асбестовая бумага, покрытая глифталевым лаком	0,25—0,35
3	Электрокартон, покрытый лаком	1,2—1,6	Микафолий	1,5	Формовочный миканит и асбестовая бумага	1,50—2,00

§ 19. ИЗОЛЯЦИЯ СТАТОРНЫХ ОБМОТОК АСИНХРОННЫХ И СИНХРОННЫХ МАШИН (ТАБЛ. 88—104)

Таблица 88

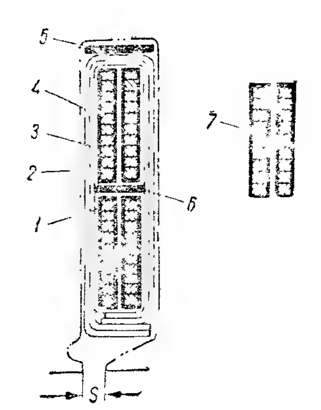




Изоляция статорных всыпных обмоток асинхронных двигателей напряжением до 550 *в*. Исполнение усиленное, тепло- и влагостойкое

Изоляция класса ВС. Провод круглый марки ПСД

Позиции	Наименование	Толщина материала (в *мм*)	Число слоев	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*) по ширине	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*) по высоте
	Пазовая часть				
1	Гильза из стекломиканита	0,60	1,0	1,20	1,20
2	Стеклолакоткань	0,20	1,0	0,30	0,45
3	Прокладка из стекломиканита	0,60	1,0	-	0,60
4	То же, из стеклолакоткани	0,20	1,0	-	0,15
5	То же, из стеклотекстолита или стекломиканита	0,50	1,0	-	0,50
	Всего на паз	-	-	1,50	2,90
	Лобовая часть				
6	Стекломикалента вполнахлеста	0,17	1,0	0,68	0,68
7	Стеклолента вполнахлеста	0,10	1,0	0,40	0,40
	Всего на секцию	-	-	1,08	1,08



Изоляция статорных всыпных обмоток нормального

Позиции	Наименование
	Пазовая
1	Бумага телефонная лакированная $1^1/_4$ слоя . . . . .
	Разбухание витковой изоляции от пропитки . . . . .
	Всего на паз . . . .
2	Электрокартон — проходная коробочка . . . .
3	Лакоткань светлая . . . .
4	Электрокартон — выкладка паза . . . .
5	Электрокартон — на дне паза . . . .
6	Электрокартон — между секциями . . . .
	Зазор на укладку . . . .
	Всего на паз . . . .
	Лобовая
7	Тафтяная лента один слой вполнахлеста . . . .
	Разбухание витковой изоляции от пропитки . . . . .
	Всего на полусекцию . . . .
	Всего на секцию . . . .

Примечания: 1. Выводные концы изолировать одним слоем ленты толщиной 0,15 *мм* вполнахлеста.

2. Размер шлица S равен размеру изолированного провода

3. Допустимые отклонения размеров изолированной секции в

Таблица 89

асинхронных двигателей напряжением до 550 *в*
исполнения

Изоляция класса А. Обмотка двухслойная. Провод марки ПБД

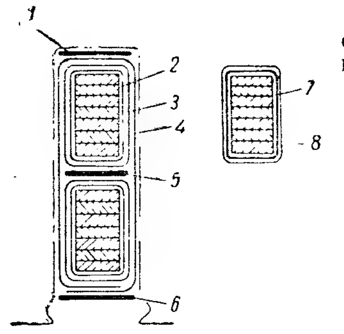
Толщина материала (в *мм*)	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*)											
	по ширине	по высоте при числе витков в катушке										
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		часть										
0,10	0,6	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
-	0,4	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20
-	1,0	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40
0,15	0,3	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
0,20	0,4	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
0,20	0,4	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
0,20	-	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
0,50	-	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
-	0,6	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,46	0,46	0,46	0,46	0,45
-	2,7	3,60	3,80	4,00	4,20	4,40	4,60	4,80	5,00	5,20	5,40	5,60
		часть										
0,15	0,6	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
-	0,4	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,40
-	1,0	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,40	2,60	2,80	3,00
-	2,0	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,40	2,60	2,80	3,00

лакотканевой ленты толщиной 0,2 *мм* и одним слоем тафтяной

плюс 1,6 *мм*.

пазовой части: по ширине +0,00—0,20 *мм*; по высоте +0,00—0,40 *мм*.

Таблица 90



Изоляция статорных шаблонных обмоток асинхронных двигателей напряжением до 550 *в* нормального исполнения

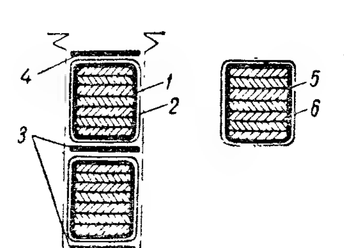
Изоляция класса А
Обмотка двухслойная, катушечная. Провод прямоугольного сечения марки ПБД

Позиции	Наименование	Толщина материала (в *мм*)	Число слоев	Двухсторонняя толщина (в *мм*) по ширине	по высоте
	Пазовая часть				
1	Лакоткань (перекрой на узкой стороне)	0,2	2 $\frac{1}{2}$	0,8	1,0×2
2	Хлопчатобумажная лента впритык . . .	0,2	1	0,4	0,4×2
	Разбухание изоляции от пропитки . . .	-	-	0,2	0,2×2
3	Электрокартон — выкладка паза . . .	0,2	1	0,4	0,6
4	То же, прокладка	0,5	1	-	0,5
5	„ „	0,3	1	-	0,3
6	„ „	0,3	1	-	0,3
	Зазор на укладку	-	-	0,2	0,2
	Всего на паз	-	-	2,0	5,1
	Лобовая часть				
7	Лакотканевая лента вполнахлеста . . .	0,2	1	0,8	0,8
8	Хлопчатобумажная лента вполнахлеста .	0,2	1	0,8	0,8
	Разбухание изоляции от пропитки . . .	-	-	0,5	0,5
	Всего на катушку	-	-	2,1	2,1

Примечание. Допустимые отклонения размеров изолированной катушки в пазовой части: по ширине ± 0,20 *мм*; по высоте ± 0,30 *мм*.

Таблица 91

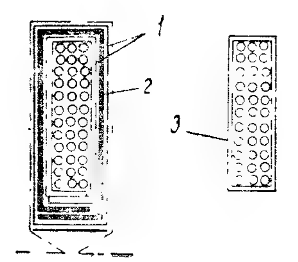
Изоляция статорных шаблонных обмоток асинхронных двигателей напряжением до 550 *в*. Исполнение усиленное, тепло- и влагостойкое



Изоляция класса В. Обмотка двухслойная, катушечная. Провод прямоугольного сечения марки ПСД

Позиции	Наименование	Толщина материала (в *мм*)	Количество слоев	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*) по ширине	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*) по высоте
	Пазовая часть				
1	Стекломикалента вполнахлеста	0,17	2	1,36	1,36×2
2	Стеклолента впритык	0,10	1	0,20	0,20×2
3	Прокладка из стекломиканита	0,50	2	-	1,00
4	Прокладка из стеклотекстолита или стекломиканита	0,50	1	-	0,50
	Разбухание изоляции от пропитки	-	-	0,50	0,40×2
	Зазор на укладку	-	-	0,24	0,58
	Всего на паз			2,30	6,00
	Лобовая часть				
5	Стекломикалента вполнахлеста	0,17	1	0,68	0,68
6	Стеклолента вполнахлеста	0,10	1	0,40	0,40
	Разбухание изоляции от пропитки	-	-	0,52	0,52
	Всего на катушку	-	-	1,60	1,60
	Допустимые отклонения размеров изолированной секции:				
	пазовая часть	-	-	±0,20	±0,30
	лобовая „	-	-	±0,50	±0,50

Таблица 92



Изоляция статорных протяжных обмоток асинхронных двигателей напряжением до 500 *в* нормального исполнения

Изоляция класса А. Провод круглый марки ПБД.

Позиции	Наименование	Толщина материала (в *мм*)	Число слоев	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*) по ширине	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*) по высоте
	Пазовая часть				
1	Электрокартон—выкладка паза (перекрой на узкой стороне) . . .	0,2	$6^1/_4$	2,40	2,60
2	Лакоткань (перекрой на узкой стороне)	0,3	$1^1/_4$	0,60	0,90
	Зазор на укладку	-	-	0,35	0,35
	Всего на паз	-	-	3,35	3,85
	Лобовая часть				
3	Лента тафтяная вполнахлеста . .	0,18	1	0,72	0,72

Таблица 93

Микалентная изоляция статорных обмоток синхронных и асинхронных машин напряжением до 6300 *в* нормального исполнения. Изоляция уголков (рис. 6)

Рис. 6. Изоляция уголков:
1 — хлопчатобумажная или стеклянная лента; 2 — микалента; 3 — хлопчатобумажная лента.

Номинальное напряжение (в *в*)	Минимальные размеры (в *мм*)	
	A	*B*
550	15	10
3150	25	15
6300	40	25

Примечание. Хлопчатобумажная лента на лобовую часть накладывается до компаундирования изоляции, а на пазовую часть — после компаундирования.

Таблица 94

Микалентная изоляция статорных обмоток синхронных и асинхронных машин напряжением до 6300 *в* нормального исполнения. Изоляция выводных концов (рис. 7)

Рис. 7. Изоляция выводных концов:
1 — хлопчатобумажная или стеклянная лента; 2 — микалента; 3 — шпагатный бандаж.

Нормальное напряжение (в *в*)	Минимальный размер *A* (в *мм*)	Число слоев микаленты
550	10	2
3150	10	3
6300	15	5

Таблица 95

Микалентная изоляция статорных обмоток синхронных и асинхронных машин напряжением от 550 до 6300 *в* нормального исполнения

Изоляция класса В. Обмотка двухслойная катушечная. Провода марки ПБД, ПБОО, ПББО

Позиции	Наименование	Толщина материала (в *мм*)	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*)											
			по ширине при числе проводников в одном слое паза		по высоте при числе витков в катушке									
			1	2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Пазовая часть													
1	Прокладка в пазу из электрокартона	0,50—1,0	-	-	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
	Витковая изоляция													
2	Электрокартон между витками для 3150 *в*	0,10	-	-	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
3	Миканитовая прокладка между витками для 6300 *в*	0,20	-	-	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
	Разбухание витковой изоляции . .	-	0,1	0,2	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5

	Корпусная изоляция													
4	Микалента для: 550 *в*	-	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
	3150 *в*	-	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
	6300 *в*	-	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
5	Тафтяная лента один слой впритык	0,20	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	Лакировка	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4
	Всего на катушку для: 550 *в*	-	3,7	3,8	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1
	3150 *в*	-	4,2	4,3	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0
	6300 *в*	-	6,1	6,2	7,6	7,9	8,2	8,5	8,8	9,1	9,4	9,7	10,0	10,3
	Зазор на укладку	-	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	Всего на паз для: 550 *в*	-	3,9	4,0	12,0	12,2	12,4	12,6	12,8	13,0	13,2	13,4	13,6	13,8
	3150 *в*	-	4,4	4,5	14,0	14,4	14,8	15,2	15,6	16,0	16,4	16,8	17,2	17,6
	6300 *в*	-	6,3	6,4	18,8	19,4	20,0	20,6	21,2	21,8	22,4	23.0	23,6	24,2
		Лобовая часть												
	Витковая изоляция													
6	Тафтяная или стеклянная лента — один слой вполнахлеста через виток для 6300 *в*	0,15	0,3	0,3	0,9	1,2	1,2	1,5	1,5	1,8	1,8	2,1	2,1	2,4
	Разбухание изоляции от пропитки	-	1,0	1,5	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
	Корпусная изоляция													
7	Микалента для: 550 *в*	-	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	3100 *в*	-	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
	6300 *в*	-	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
8	Тафтяная лента — один слой вполнахлеста	0,20	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	Лакировка	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	Всего на катушку для: 500 *в*	-	4,5	5,0	4,7	4,9	5,1	5,3	5,5	5,7	5,9	6,1	6,3	6,5
	3150 *в*	-	5,0	5,5	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0
	6300 *в*	-	7,3	7,8	8,1	8,6	8,8	9,3	9,5	10,0	10,2	10,7	10,9	11,4

Примечания: 1. Витковая изоляция, предусмотренная в таблице, не накладывается, если применяется обмоточный провод марок ПБОО, ПББО.

2. Начало изолирования выводных концов определяется расстоянием от угла катушки равным половине длины плеча. Каждый выводной конец после изолирования прикрепляется к катушке шпагатным бандажом.

3. При поперечной намотке катушек в местах переходов каждый виток на протяжении не менее 50 *мм* изолируется одним слоем батистовой ленты вполнахлеста.

4. Допустимые отклонения размеров изолированной катушки в пазовой части: при напряжении до 3150 *в* по ширине +0,00—0,25 *мм;* по высоте 0,00—0,50 *мм;* при напряжении свыше 3150 *в* — по ширине +0,00—0,50 *мм;* по высоте +0,00—1,00 *мм.*

Таблица 96

Микалентная усиленная изоляция статорных обмоток синхронных и асинхронных машин напряжением от 550 до 6300 *в*

Изоляция класса В. Обмотка двухслойная катушечная. Провода марок ПБД, ПСД, ПБОО, ПББО

Позиция	Наименование	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*)														
		по ширине при числе проводников в одном слое паза		по высоте при числе витков в катушке												
				один проводник в витке по высоте							два проводника в витке по высоте					
		1	2	6	7	8	9	10	11	12	5	6	7	8	9	10
	Пазовая часть															
	Витковая изоляция															
1	Микалента — один слой вполнахлеста	0,75	0,75	4,5	5,25	6,0	6,75	7,5	8,25	9,0	3,75	4,5	5,25	6,0	6,75	7,5
	Разбухание витковой изоляции	0,10	0,20	0,6	0,70	0,8	0,90	1,0	1,10	1,2	1,00	1,2	1,40	1,6	1,80	2,0
	Корпусная изоляция															
2	Микалента для: 550 *в*	3,20	3,20	3,2	3,20	3,2	3,20	3,2	3,20	3,2	3,20	3,2	3,20	3,2	3,20	3,2
	3150 *в*	4,00	4,00	4,0	4,00	4,0	4,00	4,0	4,00	4,0	4,00	4,0	4,00	4,0	4,00	4,0
	6300 *в*	6,40	6,40	6,4	6,40	6,4	6,40	6,4	6,40	6,4	6,40	6,4	6,40	6,4	6,40	6,4

3	Хлопчатобумажная лента — один слой впритык	0,40	0,40	0,4	0,40	0,4	0,40	0,4	0,40	0,4	0,40	0,4	0,40	0,4	0,40	0,4
	Всего на катушку для: 550 *в*	4,45	4,55	8,7	9,55	10,4	11,25	12,1	12,95	13,8	8,35	9,3	10,25	11,2	12,15	13,1
	3150 *в*	5,25	5,35	9,5	10,35	11,2	12,05	12,9	13,75	14,6	9,15	10,1	11,05	12,0	12,95	13,9
	6300 *в*	7,65	7,75	11,9	12,75	13,6	14,45	15,3	16,15	17,0	11,55	12,5	13,45	14,4	15,35	16,3
4	Электрокартон (толщина 0,5 *мм*)	-	-	3,5	3,50	3,5	3,50	3,5	3,50	3,5	3,50	3,5	3,50	3,5	3,50	3,5
	Зазор на укладку . .	0,20	0,20	0,1	0,10	0,1	0,10	0,1	0,10	0,1	0,10	0,1	0,10	0,1	0,10	0,1
	Всего на паз для: 550 *в*	5,20	5,70	9,1	10,10	11,0	12,00	12,9	13,90	14,8	9,20	10,3	11,50	12,6	13,80	14,9
	3150 *в*	6,00	6,50	9,9	10,90	11,8	12,80	13,7	14,70	15,6	10,00	11,1	12,30	13,4	14,60	15,7
	6300 *в*	8,40	8,90	2,3	13,30	14,2	15,20	16,1	17,10	18,0	12,40	13,5	14,70	15,8	17,00	18,1

Лобовая часть

	Витковая изоляция															
5	Микалента — один слой вполнахлеста	0,75	0,75	4,5	5,25	6,0	6,75	7,5	8,25	9,0	3,75	4,5	5,25	6,0	6,75	7,5
	Разбухание витковой изоляции	1,00	1,50	1,2	1,40	1,6	1,80	2,0	2,20	2,4	2,00	2,4	2,80	3,2	3,60	4,0
	Корпусная изоляция															
6	Микалента для: 550 *в*	2,40	2,40	2,4	2,40	2,4	2,40	2,4	2,40	2,4	2,40	2,4	2,40	2,4	2,40	2,4
	3150 *в*	3,20	3,20	3,2	3,20	3,2	3,20	3,2	3,20	3,2	3,20	3,2	3,20	3,2	3,20	3,2
	6300 *в*	5,60	5,60	5,6	5,60	5,6	5,60	5,6	5,60	5,6	5,60	5,6	5,60	5,6	5,60	5,6
7	Хлопчатобумажная лента — один слой вполнахлеста	0,80	0,80	0,8	0,80	0,8	0,80	0,8	0,80	0,8	0,80	0,8	0,80	0,8	0,80	0,8
	Лакировка	0,20	0,20	0,2	0,20	0,2	0,20	0,2	0,20	0,2	0,20	0,2	0,20	0,2	0,20	0,2
	Всего на катушку для: 550 *в*	5,20	5,70	9,1	10,10	11,0	12,00	12,9	13,90	14,8	9,20	10,3	11,50	12,6	13,80	14,9
	3150 *в*	6,00	6,50	9,9	10,90	11,8	12,80	13,7	14,70	15,6	10,00	11,1	12,30	13,4	14,60	15,7
	6300 *в*	8,40	8,90	12,3	13,30	14,2	15,20	16,1	17,10	18,0	12,40	13,5	14,70	15,8	17,00	18,1

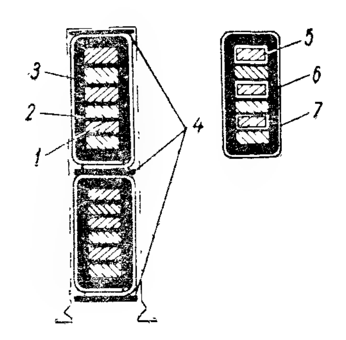
Примечание. Допустимые отклонения размеров изолированной катушки в пазовой части: при напряжении до 3150 *в* по ширине +0,00—0,25 *мм*; по высоте +0,00— 0,50 *мм*; при напряжении свыше 3150 *в* по ширине 0,00—0,50 *мм*; по высоте 0,00—1,00 *мм*.

Таблица 97

Изоляция деталей соединения и крепления статорных обмоток корзиночного типа напряжением до 15 750 *в*

Наименование материалов	Толщина материалов (в *мм*)	Число слоев в зависимости от рабочего напряжения (в *в*) до 3000	3150	6300	10 500	13 800	15 750
Бандажные кольца разъемных статоров							
Микалента вполнахлеста (некомпаундированная)	0,13	-	-	3	5	7	8
Черная лакоткань вполнахлеста	0,30	3	5	6	6	6	6
Хлопчатобумажная лента вполнахлеста	0,20	1	1	1	1	1	1
Бандажные кольца неразъемных статоров							
Микалента вполнахлеста с компаундированием	0,13	3	5	7	10	12	13
Хлопчатобумажная лента вполнахлеста	0,20	1	1	1	1	1	1
Держатели бандажных колец (статор разъемный)							
Черная лакированная лента вполнахлеста	0,30	2	4	6	8	10	11
Хлопчатобумажная лента вполнахлеста	0,20	1	1	1	1	1	1
Держатели бандажных колец (статор неразъемный)							

Микалента вполнахлеста (компаундированная)	0,13	3	4	5	6	8	9
Хлопчатобумажная лента вполнахлеста	0,20	1	1	1	1	1	1
Шинодержатели							
Микалента вполнахлеста (компаундированная)	0,13	3	4	6	8	10	11
Хлопчатобумажная лента вполнахлеста	0,20	1	1	1	1	1	1
Шины неразъемных статоров							
Микалента вполнахлеста (компаундированная)	0,13	4	6	9	11	13	15
Хлопчатобумажная лента вполнахлеста	0,20	1	1	1	1	1	1
Шины разъемных статоров							
Микалента вполнахлеста (некомпаундированная)	0,13	-	-	-	6	7	8
Черная лакотканевая лента вполнахлеста	0,30	3	4	6	6	6	6
Двухсторонняя толщина изоляции, *мм*	-	5,8	7,0	9,6	12,5	13,0	13,5
Головки стержней							
Миканитовые коробки формованные	0,20	-	-	1	2	2	3
Черная лакотканевая лента вполнахлеста	0,30	3	4	4	4	4	5
Хлопчатобумажная лента вполнахлеста	0,20	1	1	1	1	1	1
Соединения шин с обмоткой							
Микалента вполнахлеста (некомпаундированная)	0,13	-	2	4	5	6	7
Черная лакотканевая лента вполнахлеста	0,30	3	2	6	6	7	8
Хлопчатобумажная лента вполнахлеста	0,20	1	1	1	1	1	1
Выводные пластины							
Микалента вполнахлеста (компаундированная)	0,13	4	5	10	14	18	20
Хлопчатобумажная лента вполнахлеста	0,20	1	1	1	1	1	1



Микафолиевая изоляция статорных от 550 до 6300 *в*

Позиции	Наименование	Толщина материала (в *мм*)	Число слоев
		Пазовая	
	Витковая изоляция		
1	Миканитовые прокладки для 6300 *в*	0,20	-
	Разбухание витковой изоляции	-	-
	Корпусная изоляция		
2	Микафолиевая гильза для: 550 *в*	0,15	-
	3150 *в*	0,15	-
	6300 *в*	0,25	-
	Всего на катушку для: 550 *в*	-	-
	3150 *в*	-	-
	6300 *в*	-	-
3	Электрокартон — проходная коробочка	0,30	-
4	Электрокартон — прокладки	0,30-0,50	-
	Зазор на укладку	-	-
	Всего на паз для: 550 *в*	-	-
	3150 *в*	-	-
	6300 *в*	-	-

Таблица 98

обмоток синхронных и асинхронных машин напряжением нормального исполнении

Изоляция класса В. Обмотка двухслойная катушечная. Провод марок ПБД, ПСД, ПБОО, ПББО

Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*)											
по ширине при числе проводников в одном слое паза		по высоте при числе витков в катушке									
1	2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
часть											
-	-	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
0,1	0,2	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
1,6	1,7	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
2,6	2,7	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0
4,6	4,7	6,1	6,4	6,7	7,0	7,3	7,6	7,9	8,2	8,5	8,8
0,6	0,6	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
-	-	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
2,4	2,5	8,3	8,5	8,7	8,9	9,1	9,3	9,5	9,7	9,9	10,1
3,4	3,5	10,3	10,5	10,7	10,9	11,1	11,3	11,5	11,7	11,9	12,1
5,4	5,5	16,3	16,9	17,5	18,1	18,7	19,3	19,9	20,5	21,1	21,7

Позиции	Наименование	Толщина материала (в *мм*)	Число слоев
		Лобовая	
	Витковая изоляция		
5	Хлопчатобумажная или стеклянная лента вполнахлеста через виток только для 6300 *в*	0,15	1
	Разбухание витковой изоляции . . .	-	-
	Корпусная изоляция		
6	Лакотканевая или стеклянная лента вполнахлеста для: 550 *в*	0,20	1
	3150 *в*	0,20	3
	6300 *в*	0,20	5
7	Хлопчатобумажная лента вполнахлеста	0,20	1
	Всего на катушку для: 550 *в* . . .	-	-
	3150 *в* . . .	-	-
	6300 *в* . . .	-	-

Примечания: 1. При намотке катушек проводом марки витковая изоляция не ставится.

2. При числе витков в катушке больше 15 разбухание изоляции

3. Гильзы катушек для напряжения свыше 6000 *в*, а также при чем толщина каждой из них равна половине общей толщины гильзы.

4. Размеры гильзы по толщине не должны изменяться от одного

5. Допустимые отклонения размеров изолированной катушки по высоте ± 0,00—0,50 *мм*; при напряжении свыше 3150 *в* по ширине

Продолжение табл. 98

Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*)											
по ширине при числе проводников в одном слое паза		по высоте при числе витков в катушке									
1	2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
часть											
0,3	0,3	0,9	1,2	1,2	1,5	1,5	1,8	1,8	2,1	2,1	2,4
1,0	1,5	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
2,6	3,1	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6
4,2	4,7	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2
6,1	6,6	6,9	7,4	7,6	8,1	8,3	8,8	9,0	9,5	9,7	10,2

ПБОО или ПББО (для напряжения 6300 *в*) дополнительная

проводов от пропитки берется из расчета 0,1 *мм* на проводник.
активной длине их свыше 2750 *мм* выполняются из двух оболочек, при-

конца до другого больше чем на половину допусков.
в пазовой части: при напряжении до 3150 *в* по ширине ±0,00—0,25 *мм*;
±0,00—0,50 *мм*; по высоте +0,00 —1,00 *мм*.

Таблица 99

Микафолиевая изоляция статорных обмоток синхронных и асинхронных машин напряжением от 550 до 6300 *в* нормального исполнения. Изоляция уголков (рис. 8)

Рис. 8. Изоляция уголков:

1 — хлопчатобумажная или стеклянная лента; 2 — лакотканевая или стеклянная лента; 3 — микалента; 4 — микафолиевая гильза.

Номинальное напряжение (в *в*)	Минимальные размеры (в *мм*)			Число слоев изоляции вполнахлеста		
	А	*Б*	*В*	Микалента	Лакотканевая или стеклянная лента	Хлопчатобумажная лента
550	20	10	10	1	1	1
3150	35	15	10	3	1	1
6300	60	25	15	5	1	1

Примечание. Слои микаленты накладываются на прямой части катушки уступами по 10 *мм*. На лобовой части микаленту заканчивают укладывать на расстоянии от угла, равном половине длины плеча. Хлопчатобумажную ленту перед употреблением пропитывают в лаке № 458.

Таблица 100

Микафолиевая изоляция статорных обмоток синхронных и асинхронных машин напряжением от 550 до 6300 *в* нормального исполнения. Изоляция выводных концов и головок (рис. 9)

Рабочее напряжение (в *в*)	Размер А (в *мм*)	Число слоев изоляции вполнахлеста		
		Микалента	Лакотканевая или стеклянная лента	Хлопчатобумажная стеклянная лента
Выводные концы				
550	10	-	1	1
3150	10	-	2	1
6300	15	2	2	1
Головки				
550	-	-	1	1
3150	-	-	3	1
6300	-	-	5	1

Рис. 9. Изоляция выводных концов и головок:

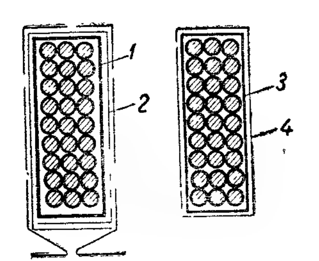
1 — хлопчатобумажная или стеклянная лента; *2* — лакотканевая или стеклянная лента; *3* — микалента; *4* — шпагатный бандаж.

Примечания: 1. Выводные концы и головки начинают изолировать на расстоянии от угла катушки, равном половине длины плеча. Слои микаленты накладываются на концах и головках уступами по 10 *мм*, чтобы получился конус.

2. Каждый выводной конец после изолировки закрепляется к катушке бандажом из шпагата.

3. В местах переходов каждый виток на протяжении не менее 50 *мм* изолируется батистовой лентой одним слоем вполнахлеста.

Таблица 101



Микафолиевая изоляция статорных протяжных обмоток машин переменного тока напряжением 3000—3150 *в* нормального исполнения

Изоляция класса В.
Провод марки ПБД, ПСД

Позиции	Наименование	Толщина материала (в *мм*)	Количество слоев	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*) по ширине	по высоте
	Пазовая часть				
1	Микафолий (перекрой на узкой стороне)	0,35	$5\frac{1}{4}$	3,50	3,85
2	Фибра тонкая (перекрой на узкой стороне)	0,15	$1\frac{1}{4}$	0,30	0,45
	Зазор на укладку	-	-	0,35	0,35
	Всего на паз	-	-	4,15	4,65
	Лобовая часть				
3	Лакотканевая или стеклянная лента вполнахлеста	0,20	1	0,80	0,80
4	Лента тафтяная вполнахлеста . . .	0,18	1	0,72	0,72
	Всего на паз	-		1,52	1,52

Примечание. Допустимые отклонения размеров микафолиевой гильзы по ширине $\pm$ 0,2 *мм*, по высоте $\pm$ 0,3 *мм*.

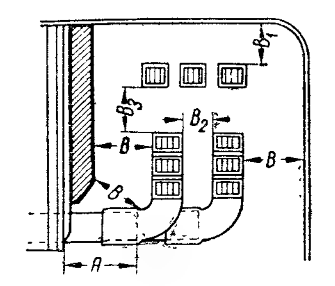


Таблица 102

Наименьшие допустимые расстояния в лобовых частях однослойных протяжных статорных обмоток нормального исполнения*

Номинальное напряжение (в *в*)	Размеры (в *мм*)				
	A	B	B_1	B_2	B_3
До 550	15	15	15	5	5
„ 3150	45	30	20	5	5
„ 6300	60	40	30	10	5

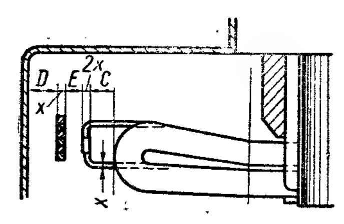


Таблица 103

Наименьшие допустимые расстояния в лобовых частях двухслойных статорных обмоток нормального исполнения

Номинальное напряжение (в *в*)	Размеры (в *мм*)		
	C	D	E
До 550	20	25	10
„ 3300	25	30	15
„ 6600	25	40	20

Таблица 104

Наименьшие допустимые расстояния по воздуху между выводами высоковольтных машин нормального исполнения

Номинальное напряжение (в *в*)	Расстояние между выводами по воздуху (в *мм*)	Выступление изоляции за выводную доску (в *мм*)	Плотность тока в сечении выводных пластин (в *а/мм²*)	Плотность тока в контактах (в *а/мм²*)
3 300	75	75	3,0-4,0	0,50-0,70
6 600	125	100	2,5-3,0	0,45-0,50
11 000	150	125	2,0-2,5	0,40-0,45
16 000	180	150	2,0-2,5	0,35-0,50
22 000	240	200	1,5-2,0	0,30-0,35

*Приведенные в таблицах 102—104 расстояния считаются от неизолированных проводников катушек и соединений.

§ 20. ИЗОЛЯЦИЯ ОБМОТОК ТУРБО- И ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ (табл. 105—109)

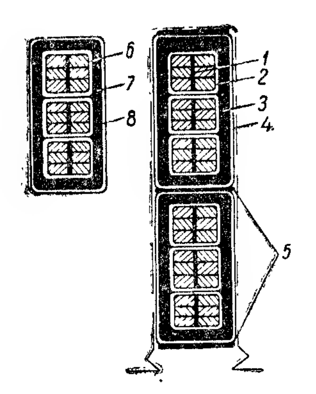


Таблица 105

Микалентная изоляция статорных катушечных обмоток турбо- и гидрогенераторов напряжением до 15 750 *в*

Изоляция класса В. Обмотка двухслойная катушечная с укороченным шагом. Провод марок ПДА, ПСД, ПББО, ПБОО

Позиции	Наименование	Толщина материала (в *мм*)	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*)							
			по ширине при числе проводников в одном слое паза		по высоте при числе витков в катушке					
			2	3	2	3	4	5	6	7
	Пазовая часть									
	Витковая изоляция									
1	Вертикальная бумажная прокладка	0,2	0,2	0,4	-	-	-	-	-	-
2	Микалента — один слой вполнахлеста	-	1,2	1,2	2,4	3,6	4,8	6,8	7,2	8,4
	Разбухание витковой изоляции . .	-	0,8	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

	Корпусная изоляция									
3	Микалента для: 10 500 *в*	—	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
	13 800 *в*	—	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
	15 750 *в*	—	9,5	9,6	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5
4	Асбестовая лента — один слой впритык	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Лакировка	—	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	Всего на катушку для: 10 500 *в*	—	10,4	10,8	12,6	13,8	15,0	16,2	17,4	18,6
	13 800 *в*	—	11,9	12,3	14,1	15,3	16,5	17,7	18,9	20,1
	15 750 *в*		12,9	13,3	15,1	16,3	17,5	18,7	19,9	20,1
5	Электрокартонная прокладка в пазу	0,5—2,5	—	—	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
	Зазор на укладку	—	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Всего на паз для: 10 500 *в*	—	10,9	11,3	29,5	31,9	34,3	36,7	39,1	41,5
	13 800 *в*	—	12,4	12,8	32,5	34,9	37,3	39,7	42,1	44,5
	15 750 *в*	—	13,4	13,8	34,5	36,9	39,3	41,7	44,1	46,5
			Лобовая часть							
	Витковая изоляция									
6	Микалента — один слой вполнахлеста	—	1,2	1,2	2,4	3,6	4,8	6,0	7,2	8,4
	Разбухание витковой изоляции	—	1,5	2,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0
	Корпусная изоляция									
7	Микалента для; 10 500 *в*	—	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
	13 800 *в*	—	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
	15 750 *в*	—	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
8	Хлопчатобумажная или стеклянная лента — один слой вполнахлеста	0,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	Лакировка	—	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Всего на катушку для: 10 500 *в*	—	10,3	11,3	15,0	16,2	17,4	18,6	19,8	20,0
	13 800 *в*		11,8	12,8	16,5	17,7	18,9	20,1	21,6	23,1
	15 750 *в*		12,8	13,8	17,5	18,7	19,9	21,1	22,6	24,1

Примечание. Допустимые отклонения размеров изолированной катушки в пазовой части: по ширине +0,00 — 0,5*мм*; по высоте +0,00 — 1,0 *мм*.

Таблица 106

Микалентная изоляция стержневых (двухвитковых) статорных обмоток турбогенераторов напряжением до 10 500 *в*

Изоляция класса В. Обмотка двухслойная стержневая двухвитковая с транспозицией. В каждом слое по два плетеных стержня, разделенных между собой витковой изоляцией. Провод прямоугольного сечения марок ПДА, ПСД, ПБД (для изготовления плетеных стержней)

Позиции	Наименование	Толщина материала (в *мм*)	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*)			
			по ширине		по высоте	
			6300 *в*	10 500 *в*	6300 *в*	10 500 *в*
	Пазовая часть					
	Витковая изоляция					
1	Миканитовая прокладка вертикальная	0,50	0,5	0,5	-	-
2	Миканитовые прокладки под переходы	0,20	-	-	0,8	0,8
	Разбухание витковой изоляции от пропитки	-	0,3	0,3	1,3	1,5
3	Микалента вполнахлеста	0,13	1,5	2,5	3,0	5,0
4	Хлопчатобумажная лента — один слой впритык	0,20	0,4	0,4	0,8	0,8

	Корпусная изоляция					
5	Микалента	0,13	4,5	5,0	4,5	5,0
6	Асбестовая лента	0,50	1,0	1,0	1,0	1,0
	Лакировка	-	0,2	0,2	0,2	0,2
	Всего на стержень	-	8,4	9,9	11,6	14,3
7	Электрокартон — прокладка	0,50	-	-	0,5	0,5
8	То же	1,0—1,5	-	-	2,0	2,5
9	То же	1,00	-	-	1,0	1,0
	Зазор на укладку	-	0,5	0,5	0,2	0,3
	Всего на паз	-	8,9	10,4	26,9	32,9

Лобовая часть

	Витковая изоляция					
10	Миканитовая прокладка вертикальная	0,50	0,5	0,5	-	-
11	Микалента вполнахлеста	0,13	1,5	3,5	3,0	7,0
12	Хлопчатобумажная лента — один слой впритык	0,20	0,4	0,4	0,8	0,8
	Разбухание витковой изоляции от пропитки	-	2,0	2,0	5,0	5,0
	Корпусная изоляция					
13	Микалента	-	4,0	4,5	4,0	4,5
	Хлопчатобумажная лента — один слой вполнахлеста	0,20	0,8	0,8	0,8	0,8
	Лакировка	-	0,3	0,3	0,3	0,3
14	Всего на стержень	-	9,5	12,0	13,0	18,4

Примечание. Допустимые отклонения размеров изолированного стержня в пазовой части: при напряжении до 6300 *в* по ширине +0,00 —0,25 *мм*; по высоте 0,00 —0,50 *мм*; при напряжении 10 500 *в* по ширине 0,00 —0,50 *мм*; по высоте 0,00 —1,00 *мм*.

Таблица 107

Микалентная изоляция стержневых (одновитковых) статорных обмоток турбо- и гидрогенераторов напряжением до 15 750 *в*

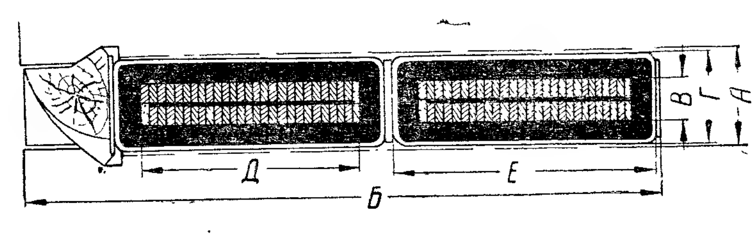
Изоляция класса В. Обмотка двухслойная стержневая корзиночного типа. Провод прямоугольного сечения марок ПДА, ПСД, ПБД

Позиции	Наименование	Толщина материала (в *мм*)	Двухсторонняя толщина изоляции (в *мм*)											
			по ширине						по высоте					
			до 3000 *в*	3150 *в*	6300 *в*	10 500 *в*	13 800 *в*	15750 *в*	до 3000 *в*	3150 *в*	6300 *в*	10 500 *в*	13 800 *в*	15750 *в*
	Пазовая часть													
1	Миканитовая прокладка вертикальная . .	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-
2	Миканитовые прокладки под переходы . .	0,2	-	-	-	-	-	-	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
3	Микалента	-	3,5	4,0	6,0	8,0	9,5	10,5	3,5	4,0	6,0	8,0	9,5	10,5
4	Асбестовая лента — один слой впритык .	0,3—0,5	0,6	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0
	Лакировка . . .	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

	Разбухание изоляции элементарных проводников	-	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0
	Всего на стержень	-	5,1	5,6	8,0	10,0	11,5	12,5	6,2	6,7	9,6	11,6	13,1	14,1
5	Электрокартон на дне паза	0,5—1,0	-	-	-	-	-	-	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0
6	То же, между стержнями	1,0—1,5	-	-	-	-	-	-	2,0	2,0	2,5	3,0	3,0	3,0
7	То же, под клином	1,0	-	-	-	-	-	-	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Зазор на укладку	-	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
	Всего на паз	-	5,4	5,9	8,3	10,5	12,0	13,0	16,1	17,1	23,4	28,5	31,5	33,5
	Лобовая часть													
8	Миканитовая прокладка вертикальная	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-
9	Микалента	-	3,0	3,5	5,5	7,5	9,0	10,5	3,0	3,5	5,5	7,5	9,0	10,0
10	Хлопчатобумажная лента — один слой вполнахлеста	0,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	Лакировка хлопчатобумажной ленты	-	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Разбухание изоляции	-	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	Всего на стержень	-	6,6	7,1	9,1	11,1	12,6	13,6	7,1	7,6	11,6	13,6	15,1	16,1

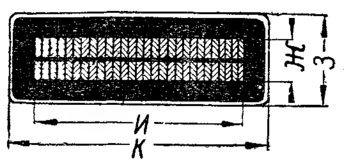
Примечания: 1. В обмотках напряжением до 3150 *в* включительно асбестовая лента заменяется киперной лентой.

2. Допустимые отклонения размеров изолированного стержня в пазовой части: при напряжении до 6300 *в* по ширине +0,00 —0,25 *мм*; по высоте +0,00 —0,50 *мм*; при напряжении свыше 6300 *в* по ширине +0,00—0,50 *мм*; по высоте + 0,00 — 1,00 *мм*.



Размеры (в *мм*)	Наименование \ Тип турбогенератора и номинальное напряжение (в *кв*)	Т2-0,75-2 6,3
	Пазовая	
	Количество пазов	42,0
А	Ширина паза	17,0
Б	Глубина паза	102,0
В	Ширина плетеного стержня (катушки) без корпусной изоляцни	$10{,}0^{+0,2}$
Г	То же, с корпусной изоляцией	$16{,}6^{\pm 0,2}$
Д	Высота плетеного стержня (катушки) без корпусной изоляции	$36{,}0^{+0,5}$
Е	То же, с корпусной изоляцией	$43{,}5^{-1,0}$
	Двухсторонняя толщина микалентной изоляции, *мм*	5,4
	Количество асбестовой ленты на стержень, *м/кг*	-
	Лобовая	
Ж	Ширина плетеного стержня (катушки) без корпусной изоляции	~10,0
З	То же, с корпусной изоляцией	$17{,}5^{-0,5}$
И	Высота плетеного стержня (катушки) без корпусной изоляции	~36,0
К	То же, с корпусной изоляцией	$43{,}5^{-1}$
	Двухсторонняя толщина микалентной изоляции, *мм*	5,0
	Количество покровной тафтяной ленты шириной 25 *мм* на 1 стержень, *м*	30,0
	Вес микаленты на стержень, *кг*	1,7
	Длина прямой части стержня, *мм*	650,0
	Общий вес обмоточной меди, *кг*	265,0

Таблица 108



Изоляция статорных обмоток турбогенераторов завода „Электросила“

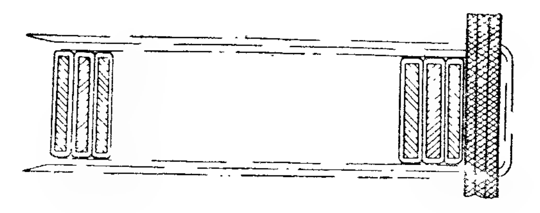
Т2А-1,5-2 6,3	Т2-3,5-2 6,3	Т2-12-2 6,3	Т2-25-2 6,3	Т2-25-2 10,5	Т$\frac{4376}{142}$ 10,5	ТВ-100-2 15,75
часть						
42,0	48,0	48,0	54,0	54,0	72,0	54,0
17,0	18,5	20,5	19,0	23,0	21,0	26,5
102,0	117,0	135,0	160,0	170,0	180,0	230,0
8,8	10,0	$12,8^{+0,2}$	$11,3^{+0,2}$	$13,0^{+0,2}$	$10,5^{+0,2}$	$14,0^{+0,2}$
$16,5^{+0,2}$	$17,8^{+0,3}$	$20,2^{-0,25}$	$18,7^{-0,25}$	$22,4^{-0,5}$	$20,4^{-0,5}$	$26,0^{-0,5}$
$36,5^{+0,5}$	41,2	$48,0^{+1}$	$53,4^{+1}$	$61,7^{+1}$	$68,5^{+1}$	$78,2^{+1}$
$42,7^{+1,0}$	$49,0^{+0,7}$	$56,2^{-0,5}$	$61,6^{-0,5}$	$71,9^{-1}$	$78,5^{-1}$	$91,0^{-1}$
~5,5	~6,0	6,0	8,0	8,0	8,0	10,5
-	-	20,0/0,28	14,0/0,20	16,5/0,25	27,2/0,38	37,0/0,521
часть						
~ 9,0	~10,0	$13,9^{+1}$	$12,3^{+1}$	$13,9^{+1}$	$11,5^{+1}$	$15,0^{+1}$
~17,0	~18,0	$21,5^{-0,25}$	$19,9^{-0,25}$	$23,5^{-0,5}$	$21,5^{-0,5}$	$27,0^{-0,5}$
~36,0	~42,0	$46,8^{+0,2}$	$52,3^{+0,2}$	$60,5^{+0,2}$	$67,5^{+0,2}$	$75,5^{+0,2}$
~43,0	~50,0	$55,0^{-0,5}$	$60,9^{-0,5}$	$71,1^{-1}$	$77,5^{-1}$	$93,0^{-1}$
~ 5,5	~ 5,5	5,5	5,5	7,5	7,5	10,5
-	-	20,0	23,0	26,0	22,0	40,0
~1,8	~1,85	2,0	2,7	4,4	6,6	14,4
1100,0	1260,0	2020,0	2840,0	2850,0	3910,0	6590,0
332,0	592,0	-	3500,0	3500,0	-	-

Изоляция роторных обмоток турбогенераторов

Размеры (в мм)	Наименование \ Тип турбогенераторов	Т2-0,75-2	Т2Б-1,5-2
	Число катушек в роторе	5×2	5×2
	Число витков в катушке	17,0	17,0
	Сечение меди, *мм*	3,53×19,5	3,53×19,5
А	Наружная ширина роторной гильзы, *мм*	22,9	22,0
Б	Высота пазовой части катушки (включая одностороннюю толщину роторной гильзы, *мм*)	70,0	70,0
В	Расстояние между клином и верхним витком катушки, *мм*	7,0	7,0
Г	Толщина стенки роторной гильзы, *мм*	1,0	1,0
	Длина бочки ротора, *мм*	600,0	1050,0
	" роторной гильзы, *мм*	640,0	1090,0
	Общее количество роторных гильз	20,0	20,0
	Общий вес роторных гильз, *кг*	5,6	10,5
	Общее количество концевых манжет	40,0	40,0
	Общий вес манжет, *кг*	1,2	1,2
	Размер стальной ленты для укладки под клин поверх катушки, *мм*	1×20×620	1×20×1070
	Витковая изоляция — микалента ЛМС-1 или стеклолента липкая, один слой вполнахлеста, по всей длине витков, размер ленты, *мм*	0,12×15	0,12×15
	Общий вес микаленты ЛМС-1 или стеклоленты, *кг*	3,3	3,6
	Микалента на перкале для корпусной изоляции (вполнахлеста) лобовых частей катушки, *мм*	—	—
	Общий вес микаленты на перкале, *кг*	—	—
	Размер асбестовой ленты для корпусной изоляции лобовых частей, *мм*		
	Вес асбестовой ленты, *кг*	—	—
	Вес меди роторной обмотки, *кг*	248,0	340,0

завода «Электросила»

Таблица 109



Т2-3,5-2	Т2-6-2	Т2-25-2 (вариант I)	Т2-25-2 (вариант II)	Т2-50-2	Т2-100-2
5×2 23,0 3,53×19,5	6×2 25,0 3,20×21,50	8×2 18,0 21,50×5,70	8×2 18,00 21,50×5,70	9×2 13-15 7×28	9×2 13-15 7×28
22,0	25,0	25,0	25,0	31,7	31,7
93,0	91,0	114,5	114,50	110/115	110/115
8,5	7,5	8,0	8,00	8,0	8,0
1,0 1150,0 1190,0 20,0 14,2	1,5 1400,0 1440,0 24,0 43,2	1,5 2800,0 2850,0 32,0 163,2	1,50 2950,00 3000,00 32,00 172,20	1,5 3250,0 3300,0 36,0 186,4	1,5 6500,0 6550,0 36,0 354,0
40,2 3,6	48,0 1,6	64,0 3,8	64,00 3,80	72,0 20,9	72,0 20,9
1×20×1160	1×25×1410	1×25×2736	1×25×2890	1×30×3180	1×30×6430
0,17×25	0,17×25	0,13×25	0,13×25	0,17×25	0,17×25
24,0	42,0	66,0	70,0	105,0	184,0
0,17×25	0,17×25	-	-	0,17×25	0,17×25
6,6	8,5	-	-	21,0	21,0
0,5×30 6,4 515,0	0,5×30 12,6 880,0	0,5×30 12,5 2440,0	0,5×30 13,4 -	0,5×30 28,7 4350,0	0,5×30 28,7 -

РАЗДЕЛ ПЯТЫЙ

НОРМЫ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

§ 21. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Основным методом испытания электрической прочности изоляции машин, позволяющим выявить скрытые дефекты, является испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Следует, однако, иметь в виду, что результаты электрических испытаний сами по себе еще не могут служить достаточным основанием для оценки состояния изоляции электрической машины в целом. Правильное заключение о состоянии изоляции электрической машины может быть дано лишь на основании комплексного рассмотрения результатов испытаний, материалов технического осмотра и данных о предшествующей эксплуатации.

В качестве руководящих материалов (стандартизированных, заводских или утвержденных ТУ МЭС) в табл. 110—117 и на рис. 11—13 приводятся нормы испытаний изоляции электрических машин повышенным напряжением. Экспериментально доказано, что эти строго нормированные испытания безвредны для соответствующих типов изоляции. Не выдерживают испытаний (пробиваются) только отдельные, явно дефектные места в изоляции электрических машин.

Методика проведения испытаний электрической прочности изоляции машин общеизвестна. До начала испытаний изоляция обмоток собранной машины проверяется мегомметром, после чего обмотки, не участвующие в испытаниях, и корпус машины заземляются. Если нельзя испытать каждую обмотку генератора или двигателя в отдельности, допускается испытание повышенным напряжением всех обмоток вместе по отношению к корпусу. Вначале к испытуемой обмотке, желательно нагретой до рабочей температуры, подводят $^1/_3$ испытательного напряжении, затем его повышают до полного значения (от половины до полного испытательного не быстрее чем за 10 сек.) плавно или ступенями, не превышающими 5% полного испытательного напряжения. После испытания в течение 1 мин. повышенное напряжение уменьшают до $^1/_3$ полной величины и отключают. Обмотку после испытания разряжают на землю и проверяют мегомметром. Результаты испытаний записывают в протокол.

Во избежание повреждения изоляции из-за неисправности измерительных приборов и других элементов схемы испытуемую обмотку необходимо защитить шаровым разрядником, отрегулированным на напряжение, превышающее испытательное на 5—10%. Чтобы избежать появления в испытательном напряжении составляющих высшего порядка (высших гармоник), испытательный трансформатор необходимо подключать к источнику питания на междуфазное напряжение. Мощность испытательного трансформатора должна выбираться из расчета 1 *ква* на 1 *кв* испытательного напряжения.

Электрическая прочность витковой изоляции машин испытывается по ГОСТ 183—55 увеличением напряжения на выводах (обычно при снятии характеристик холостого хода). Витковую изоляцию асинхронных двигателей с фазным ротором испытывают при разомкнутом роторе, а короткозамкнутых—при холостом ходе.

На электромашиностроительных заводах витковую изоляцию отдельных секций до их укладки в пазы статора испытывают при помощи высокочастотных установок [15, 28], пока еще не получивших применение в ремонтной практике.

Рис. 10. Схема импульсно-мостовой установки для испытаний междувитковой изоляции электрических машин: L_1 и L_2—самоиндукция испытуемых обмоток машин; *К* — детекторный миллиамперметр или неоновая лампа напряжением 120 *в*, или магический глаз; (радиолампа 6Е5); R_1 и R_2 — сопротивление плечей реостата; *Кл* — кенотронная лампа; *Тн*—трансформатор накала кенотрона; *Ти* — испытательный трансформатор; *С* — конденсатор емкостью 0,5 — 07 *мкф*; *ИП* — искровой промежуток.

В профилактических целях рекомендуется испытывать витковую изоляцию собранных обмоток электрических машин по упрощенной импульсно-мостовой схеме (рис. 10).

Принцип работы схемы следующий: при подаче напряжения промышленной частоты на испытательный трансформатор *Ти*, конденсатор *С* (емкостью 0,5—0,7 *мкф*) заряжается до тех пор, пока не произойдет пробой искрового промежутка *ИП*. В момент пробоя искрового промежутка в колебательном контуре емкость-самоиндукция возникнут колебания высокой частоты. Если самоиндукция L_1 и L_2 попарно испытуемых фазных обмоток и активные сопротивления моста R_1 и R_2 равны между собой, то между точками *А* и *В* разности потенциалов не будет.

Если в одной из испытуемых обмоток статора имеется витковое замыкание ($L_1 \neq L_2$), то равновесие моста нарушается и отмечается индикатором (неоновая лампа напряжением 120 *в* или «магический глаз» 6 Е5, более точные показания дает детекторный миллиамперметр с пределом измерения до 100 *ма*).

Величина импульсов испытательного напряжения колеблется в пределах 150—200 *в* на один виток.

Недостатком импульсно-мостовой схемы является значительная неравномерность распределения испытательного напряжения между витками. Все же применение этой несложной схемы в ремонтной практике следует признать целесообразным, так как с ее помощью можно выявить много грубых дефектов витковой изоляции машин.

§ 22. СТАНДАРТНЫЕ И ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН (табл. 110, 111)

Таблица 110

Стандартные испытания изоляции электрических машин при выпуске с завода-изготовителя или после ремонта с полной заменой изоляции (по ГОСТ 183—55)

№ по пор.	Что испытывается	Величина испытательного напряжения промышленной частоты (действующее значение) (в *в*)
	Главная изоляция электрических машин относительно корпуса и между обмотками	
1	Машины мощностью менее 1 *квт* (или 1 *ква*), а также все машины на номинальное напряжение не свыше 36 *в*	$500+2\,U_н$
2	Машины мощностью от 1 *квт* (или 1 *ква*) до 3 *квт* (или 3 *ква*) включительно при номинальном напряжении свыше 36 *в*	$1000+2\,U_н$
3	а) машины мощностью более 3 *квт* (или 3 *ква*), за исключением перечисленных в п. 3б этой таблицы, при номинальном напряжении свыше 36 *в*	$1000+2\,U_н$ (но не менее 1500)
	б) машины мощностью от 1000 *квт* (или 1000 *ква*) и выше на номинальное напряжение:	
	до 3300 *в* включительно	$1000+2\,U_н$
	свыше 3300 *в* до 6600 *в* включительно . . .	$2{,}5U_н$
	свыше 6600 *в*	$3000+2\,U_н$
4	Обмотки возбуждения синхронных генераторов, у которых номинальное напряжение системы возбуждения не превышает 800 *в*	$10U_{н.в}$ (но не менее 1500 и не более 3500)
5	Обмотки возбуждения синхронных двигателей и синхронных компенсаторов:	
	а) если машина предназначена для непосред-	

Продолжение табл. 110

№ по пор.	Что испытывается	Величина испытательного напряжения промышленной частоты (действующее значение) (в *в*)
	ственного пуска со стороны переменного тока с обмоткой возбуждения, замкнутой на сопротивление или на источник своего питания	$10\,U_{н.в}$ (но не менее 1500)
	б) то же, но предназначенная для пуска с разомкнутой обмоткой возбуждения, подразделенной на секции	$1000+10\,U_{н.в}$ (но не менее 1500)
	в) то же, но предназначенная для пуска с разомкнутой несекционированной обмоткой возбуждения	$1000+20\,U_{н.в}$ (но не менее 1500 и не более 8000)
	г) синхронные двигатели и синхронные компенсаторы, пускаемые в ход специальными пусковыми двигателями	$10\,U_{н.в}$ (но не менее 1500)
6	Возбудители для электрических машин а) возбудители для электрических машин, кроме синхронных	$1000+2\,U_{н.в}$ (но не менее 1500)
	б) возбудители для синхронных генераторов, у которых номинальное напряжение системы возбуждения не превышает 800 *в*	$10\,U_{н.в}$ (но не менее 1500 и не более 3500)
	в) возбудители для синхронных двигателей и синхронных компенсаторов	$10\,U_{н.в}$ (но не менее 1500)
7	Роторные обмотки асинхронных двигателей, не находящиеся в непрерывном короткозамкнутом состоянии:	

Продолжение табл. 110

№ по пор.	Что испытывается	Величина испытательного напряжения промышленной частоты (действующее значение) (в *в*)
	а) для двигателей, допускающих торможение противовключением	$1000+4\,U_р$
	б) для двигателей, не предназначенных для торможения противовключением	$1000+2\,U_р$
	Витковая изоляция электрических машин	
8	Все новые и капитально отремонтированные электрические машины с полной заменой изоляции за исключением машин, перечисленных в примечаниях 3—6 к данной таблице	$1{,}3\,U_н$

Примечания: 1. Длительность испытания главной (корпусной) изоляции электрических машин 1 мин. Витковая изоляция испытывается в течение 5 мин., за исключением случаев, оговоренных в примечании 5 этой таблицы.

2. $U_н$ — номинальное линейное напряжение машины, *в*;

$U_{нв}$ — номинальное напряжение возбуждения машины, *в*;

$U_р$ — напряжение на кольцах разомкнутого неподвижного ротора при номинальном напряжении на статоре, *в*.

3. Витковая изоляция гидрогенераторов испытывается напряжением, равным 150% номинального.

4. Для синхронных машин, у которых при номинальном токе возбуждения напряжение холостого хода превышает номинальное более чем на 30%, испытание витковой изоляции производят при напряжении холостого хода, соответствующем номинальному току возбуждения.

5. Для возбудителей, рассчитанных на форсировку возбуждения, при которой напряжение возбудителя превышает номинальное более чем на 30%, испытание витковой изоляции производят при предельном напряжении форсировки в течение 1 мин.

6. Для машин постоянного тока с числом полюсов более четырех повышение напряжения при испытании витковой изоляции не должно быть больше значения, при котором среднее напряжение между смежными коллекторными пластинами получается равным 24 *в*.

7. Поставляемые заводами турбо- и гидрогенераторы, синхронные компенсаторы после монтажа на месте установки перед сдачей в эксплуатацию подвергаются обязательным испытаниям электриче-

ской прочности изоляции напряжением, равным 75% испытательного напряжения, указанного в таблице, в течение 1 мин. Что касается остальных машин, то это испытание производится по усмотрению заказчика.

При приемо-сдаточных испытаниях турбо- и гидрогенераторов, синхронных компенсаторов, бывших в эксплуатации, величина испытательного напряжения должна быть (1,5—1,7) $U_н$.

Таблица 111

Профилактические испытания изоляции электрических машин при плановых капитальных ремонтах (не связанных с заменой изоляции)

Что испытывается	Величина испытательного напряжения промышленной частоты (действующее значение) (в *в*)
Статорные обмотки синхронных генераторов (компенсаторов), каждая фаза относительно корпуса и двух других заземленных фаз	$\frac{(1,5-1,7)U_н\ *}{(2,2-2,5)U_н}$
То же, после ввода ротора в статор и установки торцовых щитов	$\frac{1,0U_н}{1,5U_н}$
Роторные обмотки синхронных генераторов (компенсаторов) относительно корпуса:	
а) роторов с явно выраженными полюсами	1500—3000
б) роторов с не явно выраженными полюсами при снятых роторных бандажах	1000
в) то же, при одетых роторных бандажах проверяется мегомметром 2500 *в* (при этом минимально допустимое сопротивление изоляции 0,5 *мгом*)	—
Обмотки возбудителей синхронных генераторов относительно корпуса и якорных бандажей	1000
Цепи возбуждения синхронных генераторов со всей присоединенной аппаратурой, без роторных обмоток и возбудителей	1000—2000
Сопротивление гашения поля	2000
Заземляющее сопротивление генератора . .	$1,5U_н$
Обмотки электродвигателей (ответственных механизмов электростанции мощностью 40 *квт* и выше) относительно корпуса и других заземленных обмоток при номинальном напряжении:	
до 400 *в*	1 000
» 500 *в*	1 500

* Величина испытательного напряжения 1,7 $U_н$ установлена для электрических машин с удлиненным (до 2 лет) межремонтным периодом.

В знаменателе приведены величины выпрямленного напряжения.

Продолжение табл. 111

Что испытывается	Величина испытательного напряжения промышленной частоты (действующее значение) (в *в*)
до 2 000 *в*	4 000
» 3 000 *в*	5 000
» 6 000 *в*	10 000
» 10 000 *в*	16 000
Обмотки фазных роторов электродвигателей и пусковые реостаты	$1{,}5U_р$, но не ниже 1000

Примечания: 1. Длительность испытания изоляции 1 мин.

2. Изоляцию статорных обмоток испытывать в горячем состоянии сразу же после остановки машины на ремонт, до обдувки и чистки при снятых торцовых щитах. Изоляцию ротора (якоря) испытывать после чистки.

3. Состояние изоляции роторов турбогенераторов с наборными зубцами без пазовых гильз проверять мегомметром на 1000 *в*. Изоляцию таких роторов повышенным напряжением не испытывать.

4. При пробое статорной обмотки во время профилактических испытаний оставшуюся часть обмотки поврежденной фазы испытывать напряжением промышленной частоты $1{,}7\ U_н$ и выпрямленным напряжением, равным (2—3) $U_н$. После замены или ремонта поврежденного стержня (секции) все фазы повторно испытывать напряжением промышленной частоты $1{,}5\ U_н$.

5. Величина испытательного напряжения промышленной частоты для статорных обмоток, аварийно вышедших из строя, синхронных генераторов устанавливается также (с разрешения соответствующего главка) по местным условиям энергосистем в зависимости от состояния изоляции обмотки, но не ниже: а) для оставшейся неповрежденной части статорной обмотки $1{,}2\ U_н$; б) для всей обмотки статора после аварийного ремонта (сдаточное испытание) — $1{,}0\ U_н$;

6. Статорные обмотки электродвигателей, не перечисленных в таблице, проверяются мегомметром на 1000—2500 *в*.

§ 23. ПООПЕРАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ИЗОЛЯЦИИ СТАТОРНЫХ ОБМОТОК ПРИ ПЕРЕМОТКАХ

Для промежуточного контроля качества изоляции в процессе ремонта электрических машин в табл. 112—114 приведены пооперационные нормы испытаний электрической прочности изоляции

Таблица 112

Пооперационные испытания изоляции статорных обмоток турбогенераторов, гидрогенераторов и синхронных компенсаторов при полной или частичной перемотке

Что испытывается	Величина испытательного напряжения промышленной частоты (действующее значение) (в *в*)											
	при полной перемотке				при частичной перемотке							
					для машин, проработавших до 10 лет				для машин, проработавших свыше 10 лет			
	обмотка корзиночного типа		обмотка европейского типа		обмотка корзиночного типа		обмотка европейского типа		обмотка корзиночного типа		обмотка европейского типа	
	до 6600 *в*	10 500 *в* и выше	до 6600 *в*	10 500 *в* и выше	до 6600 *в*	10 500 *в* и выше	до 6600 *в*	10 500 *в* и выше	до 6600 *в*	10 500 *в* и выше	до 6600 *в*	10 500 *в* и выше
Стержни (секции) до укладки в пазы статора	$3U_н$	$3U_н$	$3U_н$	$3U_н$	$2,7U_н$	$2,7U_н$	$2,7U_н$	$2,7U_н$	$2,5U_н$	$2,5U_н$	$2,5U_н$	$2,5U_н$
Оставшаяся неповрежденной часть обмотки статора после удаления дефектных стержней (катушек)	—	—	—	—	$2U_н$	$2U_н$	$2U_н$	$2U_н$	$1,7U_н$	$1,7U_н$	$1,7U_н$	$1,7U_н$
Лобовые части стержней и соединительные дуги до укладки обмотки:												
нормальная изоляция лобовых частей стержней или соединительных дуг разноименных фаз	$1,6U_н$	$1,5U_н$	$1,6U_н$	$1,5U_н$	$1,3U_н$	$1,3U_н$	$1,5U_н$	$1,5U_н$	$1,3U_н$	$1,3U_н$	$1,5U_н$	$1,5U_н$
облегченная изоляция лобовых частей или соединительных дуг одноименных фаз	$1,2U_н$	$1,1U_н$	$1,3U_н$	$1,2U_н$	$1,0U_н$	$1,0U_н$	$1,2U_н$	$1,2U_н$	$1,0U_н$	$1,0U_н$	$1,2U_н$	$1,2U_н$

Кронштейны или стяжные болты после переизолировки	$1{,}2U_н$	$1{,}2U_н$	3000	3000	—	—	3000	3000	—	—	3000	3000
Бандажные кольца или крепежные болты лобовых частей обмотки после переизолировки . . .	$1{,}8U_н$	$1{,}5U_н$	$2{,}0U_н$	$2U_н$	—	—	$2U_н$	$2U_н$	—	—	$2U_н$	$2U_н$
Соединительные шины до установки на место	$2{,}5U_н$	$2U_н$	$2{,}5U_н$	$2U_н$	—	—	—	—	—	—	—	—
Выводные шины до установки на место	$2{,}5U_н$	$2{,}5U_н$	$2{,}5U_н$	$2{,}5U_н$	—	—	—	—	—	—	—	—
Стержни (секции) после укладки в пазы до соединения и пайки:												
нижние стержни	$2{,}8U_н$	$2{,}7U_н$	$2{,}8U_н$	$2{,}7U_н$	$2{,}4U_н$	$2{,}4U_н$	$2{,}4U_н$	$2{,}4U_н$	$2{,}2U_н$	$2{,}2U_н$	$2{,}2U_н$	$2{,}2U_н$
верхние стержни	$2{,}6U_н$	$2{,}5U_н$	$2{,}8U_н$	$2{,}7U_н$	—	—	$2{,}4U_н$	$2{,}4U_н$	—	—	$2{,}2U_н$	$2{,}2U_н$
Обмотка статора после ремонта, каждая фаза относительно корпуса и двух других заземленных фаз:												
для машин мощностью до 10 тыс. *ква* . . .	По ГОСТ 183—55 (см. табл. 110)				$1{,}7U_н$	—	$1{,}7U_н$	—	$1{,}5U_н$	—	$1{,}5U_н$	—
для машин мощностью свыше 10 тыс. *ква*					$1{,}7U_н$	$1{,}7U_н$	$1{,}7U_н$	$1{,}7U_н$	$1{,}5U_н$	$1{,}5U_н$	$1{,}5U_н$	$1{,}5U_н$

Примечания: 1. Длительность испытаний 1 мин.

2. Изоляцию термометров сопротивления до и после укладки в пазы проверять мегомметром на 250 *в*.

3. При эксплуатации турбогенераторов до трех лет и хорошем состоянии изоляции, при пробе одного-двух верхних стержней, испытания изоляции производить по нормам, как при полной перемотке; при пробое одного или нескольких нижних стержней и отсутствии запасного шага верхних стержней испытания проводить по нормам для машин, проработавших до 10 лет.

4. Изоляция лобовых частей обмотки статора считается облегченной при 4—5 слоях микаленты (лакоткани), при большем числе слоев—нормальная.

5. При частичной замене статорной обмотки корзиночного типа отдельное испытание изоляции верхних стержней (после их укладки в пазы) не производить по технологическим соображениям.

статорных обмоток. За основу в этих нормах приняты данные электромашиностроительных заводов, в частности, опытные кривые

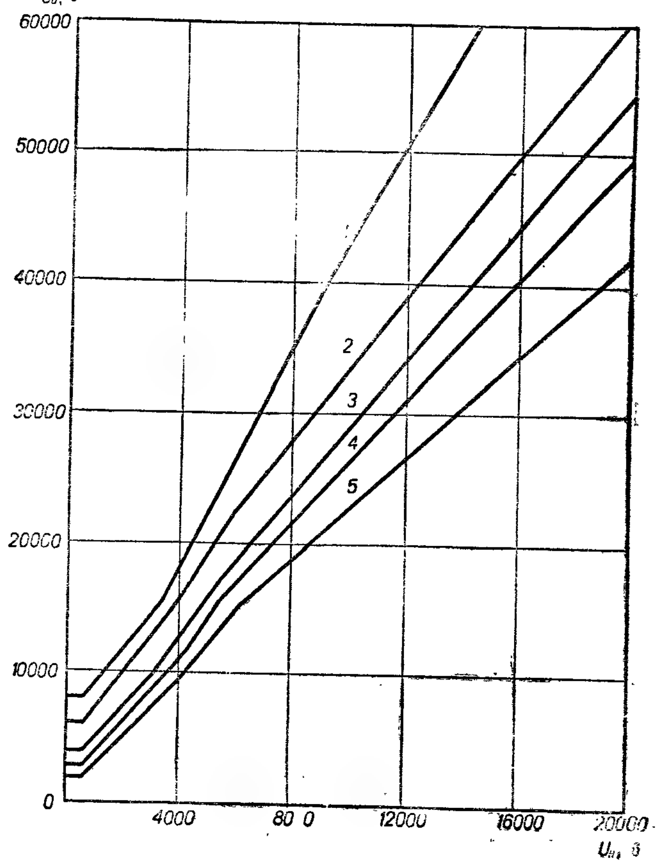


Рис. 11. Кривые испытательных напряжений для статорных обмоток машин переменного тока мощностью свыше 10 000 *квт* (по данным завода „Электросила"). По кривым испытываются:

1 — гильзы из микафолия, изготовленные отдельно от катушки; *2* — окончательно изолированные катушки до укладки в статор; *3* — уложенные в статор, но не соединенные катушки (до запайки); *4* — уложенные в статор и соединенные катушки (после пайки); *5* — готовая обмотка при выпуске машины с завода (по ГОСТ 183—55).

$U_и = f(U_н)$ (рис. 11), где $U_и$ — величина испытательного напряжения по операциям, *в*; $U_н$ — номинальное напряжение электрической машины, *в*. Длительность испытаний во всех случаях 1 мин.

Таблица 113

Пооперационные испытания изоляции статорных обмоток электродвигателей при полной или частичной перемотке

Что испытывается	Величина испытательного напряжения промышленной частоты (действующее значение) (в *в*)	
	при полной перемотке статора	при частичной перемотке статора
Электродвигатели напряжением до 500 *в*		
Секции после укладки в пазы, до пайки соединений, при мощности электродвигателя:		
до 1 *квт*	$2U_н + 1000$	То же, как и при полной перемотке
от 1 до 3 *квт*	$2U_н + 2000$	
свыше 3 *квт*	$2U_н + 2500$	
Оставшаяся часть неповрежденной старой обмотки после выемки дефектных секций .	—	75% от испытательного напряжения, применяемого по ГОСТ 183—55 (см. табл. 110)
Вся обмотка переизолированного статора	По ГОСТ 183—55 (см. табл. 110)	
Электродвигатели напряжением от 2000 до 6000 *в*		
Секции (стержни) до укладки в пазы	$2{,}75U_н + 4000$	$2{,}25U_н + 2000$
То же, после укладки в пазы до соединения и пайки . .	$2{,}75U_н + 2000$	$2U_н + 1000$
Оставшаяся неповрежденной часть старой обмотки после выемки дефектных секций (стержней)	—	$1{,}7\ U_н$, но не ниже 1200
Для обмотки переизолированного статора	По ГОСТ 183—55 (табл. 110)	Согласно табл. 111

Примечание. Длительность испытания 1 мин.

Таблица 114

Нормы испытаний витковой изоляции обмоток электрических машин

Выполнение витковой изоляции	Величина испытательного напряжения промышленной частоты (действующее значение) (в *в/виток*)
Обмотка, намотанная проводом марки ПБО	150
То же, марок ПБД, ПДА, или ПСД	300
То же, марки ПЭЛБО	400
» » ПБОО	700
Обмотка, намотанная проводом марок ПБД, ПСД и ПДА, с дополнительной витковой изоляцией в виде прокладок из электрокартона или миканита, для изоляционных материалов:	
класса А	500
класса В	700
Обмотка, намотанная голым проводом, изолированным одним слоем хлопчатобумажной ленты вполнахлеста	500
То же, одним слоем микаленты вполнахлеста	800
» одним слоем микаленты вполнахлеста и одним слоем хлопчатобумажной ленты впритык	1000

Примечания: 1. В таблице приведены величины напряжений для испытания катушек (секций) до укладки в пазы.

2. Длительность испытаний 10—15 сек.

§ 24. ПООПЕРАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ИЗОЛЯЦИИ РОТОРОВ ПРИ ПЕРЕМОТКАХ

Для промежуточного контроля качества изоляции в процессе ремонта электрических машин в табл. 115—117 приведены нормы испытаний электрической прочности изоляции роторов (якорей). В

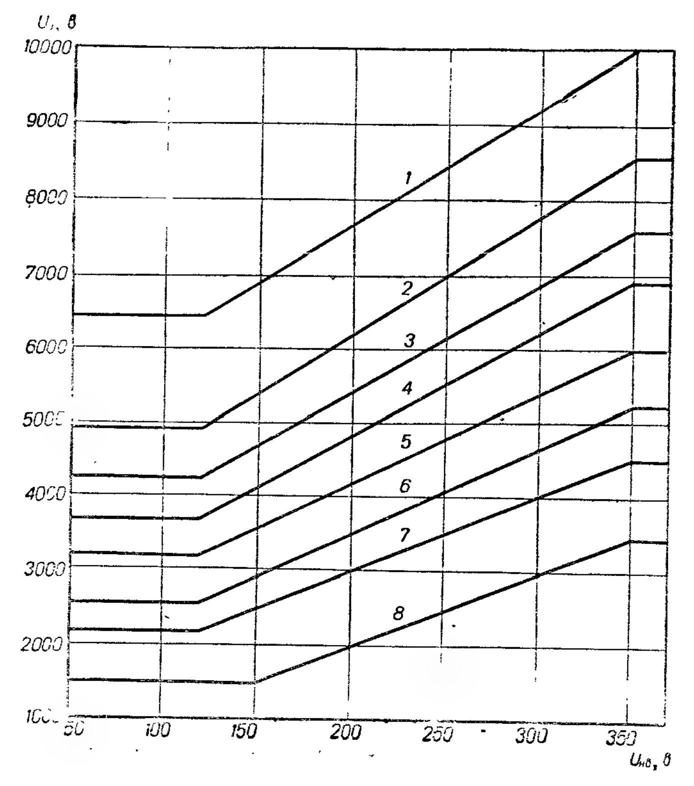


Рис. 12. Кривые испытательных напряжений для не явно полюсных роторов турбогенераторов (по данным завода „Электросила"). По кривым испытываются:

1 — гильзы до укладки в паз; *2* — гильзы после укладки в паз (до укладки катушки), а также контактные кольца после насадки на втулку и детали токоподвода; *3* — токоподвод после укладки в ротор и катушки после укладки в паз; *4* — обмотка после запечки и опрессовки; *5* — обмотка после заклиновки пазов; *6* — обмотка перед насадкой роторных бандажей; *7*— обмотка после насадки роторных бандажей; *8* — готовый ротор (по ГОСТ 183—55).

основу этих норм также положены заводские данные, в частности, опытные кривые $U_{и} = f(U_{н.в.})$ (рис. 12, 13), где $U_{и}$ — величина испытательного напряжения по операциям, *в*; $U_{н.в.}$ — номинальное напряжение возбуждения электрической машины, *в*. Длительность испытаний во всех случаях 1 мин., за исключением испытания роторных катушек, после укладки в пазы (рис. 12, кривая *3*), где длительность равна 15 сек.

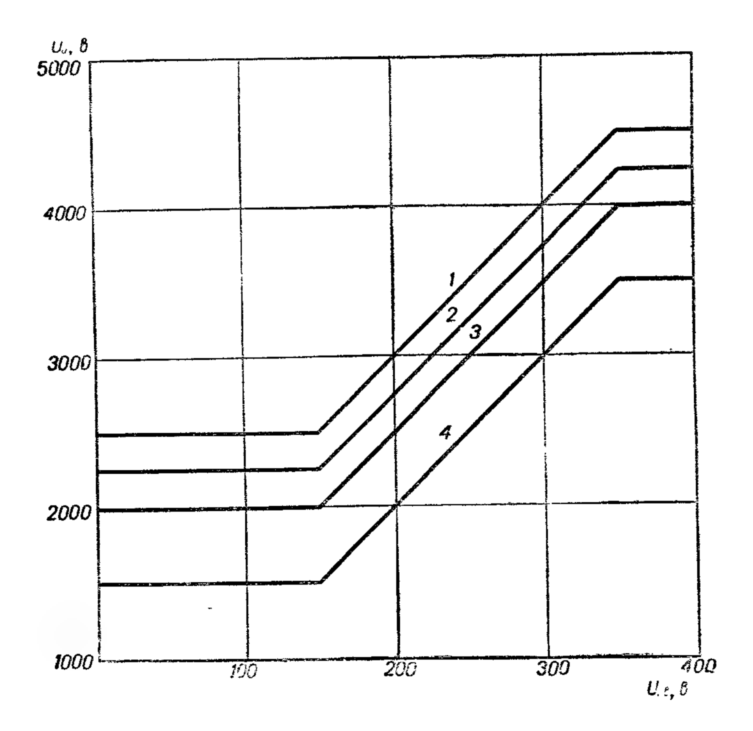


Рис. 13. Кривые испытательных напряжений для роторов с явно выраженными полюсами синхронных машин с напряжением возбуждения ≤ 750 *в* (по данным завода „Электросила"). По кривым испытываются:

1 — катушки после установки на сердечники; *2* — катушки после установки на обод (остов) ротора; *3* — катушки после установки на обод ротора и соединения между собой и с контактными кольцами; *4* — готовый ротор (по ГОСТ 183—55)

Таблица 115

Пооперационные испытания изоляции роторов турбо- и гидрогенераторов, синхронных компенсаторов при полной или частичной перемотке

Что испытывается	Величина испытательного напряжения промышленной частоты (действующее значение) (в *в*)
Ротор турбогенератора (компенсатора) с не явно выраженными полюсами при напряжении возбуждения до 350 *в* включительно	
При полной перемотке	
Старая изоляция токоподводов, отсоединенных от катушек и контактных колец	5000,0
Старая изоляция токоподводов, отсоединенных только от катушек (в случаях, если отсоединение токоподводов от колец может вызвать повреждение изоляции или требуется снятие контактных колец)	4000,0
Старая изоляция контактных колец при отсоединенных токоподводах	4000,0
Токоподводы после переизолировки до укладки в пазы	6500,0
Токоподводы после укладки и заклиновки пазов до соединения с катушками и контактными кольцами . .	5000,0
Контактные кольца, насаженные на изолированный вал или втулку, до соединения с токоподводами . .	4500,0
Токоподводы после подключения к контактным кольцам до подключения к обмотке (после переизолировки токоподводов и контактных колец)	4000,0
Переизолированные междукатушечные соединения (являющиеся съемной деталью) отдельно от обмотки	5000,0
Миканитовые пазовые гильзы до укладки в пазы	8000,0
Миканитовые пазовые гильзы после укладки в пазы, до укладки витков катушек	7000,0
Переизолированная катушка после укладки в пазы и закрепления временными клиньями до соединения с другими катушками	6500,0
Переизолированная катушка после укладки в пазы и закрепления временными деревянными клиньями после соединения с ранее уложенной в пазы катушкой	5500,0
Обмотка ротора после первого прогрева и первой опрессовки	4500,0

Продолжение табл. 115

Что испытывается	Величина испытательного напряжения промышленной частоты (действующее значение) (в *в*)
Витковая изоляция обмотки ротора после первого прогрева и первой опрессовки, *в/виток*	2,5
Обмотка ротора после заклиновки пазов постоянными клиньями	3500,0
Обмотка ротора после второго прогрева и второй опрессовки	3000,0
Обмотка ротора после насадки роторных бандажей, сдаточное испытание	По ГОСТ 183—55 (см. табл. 110)
При частичной перемотке	
Оставшаяся неповрежденной часть обмотки ротора после выемки из пазов дефектных катушек	2000,0
Изоляция между седлами и обмоткой ротора, замкнутой на корпус (испытывается во всех случаях снятия роторных бандажей)	2500,0
Ротор после заклиновки пазов постоянными клиньями	1500,0
Ротор после насадки роторных бандажей . . .	1000,0
При ремонте в пределах лобовых частей	
Изоляция между седлами и обмоткой ротора, замкнутой на корпус	2500,0
Ротор при снятых роторных бандажах (испытывается во всех случаях снятия роторных бандажей до ремонта, после чистки и продувки сжатым воздухом)	1000,0
Ротор после ремонта, а также до и после насадки роторных бандажей проверяется мегомметром на 2500 *в*	-
Ротор гидрогенератора (компенсатора) с явно выраженными полюсами при напряжении возбуждения свыше 100 *в*	
При полной перемотке	
Обмотки отдельных катушек ротора после изготовления и установки на полюса:	
изоляция от корпуса	4000,0/4500,0
изоляция витковая (*в/виток*)	3,0/3,0
Обмотки отдельных катушек ротора после установки на роторе и крепления полюсов до соединения катушек между собой и с контактными кольцами:	
изоляция от корпуса	3500,0/4000,0
изоляция витковая (*в/виток*)	2,5/2,5

Продолжение табл. 115

Что испытывается	Величина испытательного напряжения промышленной частоты (действующее значение) (в *в*)
Контактные кольца, токоподводы и траверсы до соединения с обмоткой ротора	3500,0/4000,0
Корпусная изоляция катушек после соединения между собой и с контактными кольцами	3000,0/3500,0
Обмотка ротора в собранной электрической машине после ремонта	По ГОСТ 183—55 (см. табл. 110)
При частичной перемотке	
Оставшаяся неповрежденной обмотка ротора:	
изоляция от корпуса	2500,0/3000,0
изоляция витковая (*в/виток*)	2,0/2,0
Изоляция обмотки ротора от корпуса после соединения всех катушек между собой и с контактными кольцами	2250,0/2750,0
Обмотка ротора в собранной электрической машине после ремонта	2000,0/2500,0

Примечания: 1. Длительность испытаний по всем позициям 1 мин., за исключением междувитковой изоляции, которую испытывать в течение 5 мин.

2. Роторы турбогенераторов с наборными зубцами без пазовых гильз повышенным напряжением не испытывать, а лишь проверять мегомметром на 1000 *в*.

3. Если катушки ротора турбогенератора соединяются между собой перемычкой верхних и нижних витков, то изоляцию переизолированной катушки при частичной перемотке после укладки в пазы не испытывать.

4. До и после испытания витковой изоляции необходимо измерять сопротивление обмотки ротора постоянному току.

5. При частичной перемотке ротора гидрогенератора с явно выраженными полюсами при общем неудовлетворительном состоянии изоляции ротора и при отсутствии запасных полюсных катушек допускается испытывать оставшуюся неповрежденной обмотку ротора напряжением промышленной частоты величиной 1500 *в*.

6. Для роторов гидрогенераторов (компенсаторов) испытательные напряжения показаны: в числителе — для электрических машин с номинальным напряжением возбуждения до 250 *в* включительно, а в знаменателе — свыше 250 *в*.

Таблица 116

Пооперационные испытания изоляции фазных роторов электродвигателей при полной или частичной перемотке

Что испытывается	Величина испытательного напряжения промышленной частоты (действующее значение (в *в*)
При полной перемотке	
Переизолированные стержни (секции) обмотки ротора до закладки в пазы	$2U_р + 3000$
Контактные кольца после переизолировки до соединения их с обмоткой	$2U_р + 2200$
Переизолированные стержни (секции) обмотки ротора после закладки в пазы до пайки стержней и наложения проволочных бандажей	$2U_р + 2000$
Ротор после соединения и пайки обмотки после наложения проволочных бандажей	По ГОСТ 183—55 (см. табл. 110)
При частичной перемотке	
Оставшаяся неповрежденной часть старой обмотки	$1{,}7U_р$, но не менее 1200
Ротор после ремонта	$1{,}5U_р$, но не менее 1000

Примечание. Длительность испытания 1 мин.

Таблица 117

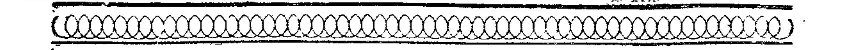
Пооперационные испытания изоляции якорных обмоток при полной перемотке

Последовательность испытаний	Что испытывается	Испытательное напряжение промышленной частоты (действующее значение) при номинальном напряжении машины (в *в*)						Продолжительность испытания (в сек.)
		до 150	151—400	401—700	750	1500	3000	
После насадки коллектора на вал	Изоляция между пластинами коллектора	Независимо от напряжения машины при толщине миканитовых прокладок 0,7 *мм* —300; 0,8 „ —340; 1,0 „ —450; 1,2 „ —550						2
	Коллектор относительно корпуса	2500	3000	4500	5500	6500	9500	60

Продолжение табл. 117

Последовательность испытаний	Что испытывается	Испытательное напряжение промышленной частоты (действующее значение) при номинальном напряжении машины (в *в*)						Продолжительность испытания (в сек.)
		до 150	151—400	401—700	750	1500	3000	
После закладки и осаживания нижнего слоя секций	Изоляция между витками секций и коллекторными пластинами	350						2
	Секции относительно корпуса	2000	2500	3500	4500	6000	9000	60
После закладки и осаживания верхнего слоя секций и забивания клиньев	Витковая изоляция секций	От 15 до 25 *в/виток* обмотки якоря (испытание трансформатором)						20
	Секции относительно корпуса	1800	2300	3000	4000	5500	8500	60
После пайки коллектора	Витковая изоляция секций	От 15 до 25 *в/виток* обмотки якоря (испытание трансформатором)						20
	Секции относительно корпуса	1700	2100	2700	3500	5000	8000	60
После окончательной пропитки якоря и шлифовки коллектора	Витковая изоляция секций	От 15 до 25 *в/виток* обмотки якоря (испытание трансформатором)						20
	Секции относительно корпуса	1600	1900	2500	3000	4500	7500	60
Заключительное испытание	Электрическая машина в собранном виде	По ГОСТ 183—55 (см. табл. 110)						60

Примечание. При частичной перемотке электрических машин постоянного тока испытательные напряжения принимаются равными 75% от указанных в таблице, но не ниже величин, приведенных в табл. III.



РАЗДЕЛ ШЕСТОЙ

РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

§ 25. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ РЕМОНТНЫХ РАБОТ

В зависимости от объема работы по ремонту электрических машин подразделяются на следующие основные виды:

Текущий ремонт с частичной или полной разборкой машин, включающий работы по устранению мелких повреждений, профилактические испытания и осмотры.

Периодичность плановых текущих ремонтов устанавливается, исходя из местных условий. Обычно текущие ремонты машин проводятся 2—3 раза в год.

Капитальный ремонт с полной разборкой и детальной ревизией машин, включающий электрические и механические испытания, замену и реконструкцию узлов, дефектных деталей, обмоток и т. п.

Периодичность плановых капитальных ремонтов определяется инструкциями МЭС [13], согласно которым машины проходят планово-предупредительный капитальный ремонт в объеме типовой (нормальной) номенклатуры работ, в следующие сроки:

Турбогенераторы — ежегодно, с обязательной выемкой ротора через год после ввода турбогенератора в эксплуатацию (роторы турбогенераторов мощностью 100 тыс. *квт* и выше должны выниматься для осмотра ежегодно в течение первых 3 лет эксплуатации); при последующих капитальных ремонтах выемка ротора производится: в турбогенераторах с проточным охлаждением или с проволочными бандажами на роторе один раз в 1—2 года, а в турбогенераторах с замкнутой системой охлаждения — по мере необходимости, но не реже одного раза в 5 лет.

Гидрогенераторы и синхронные компенсаторы капитально ремонтируются один раз в 2 года, при необходимости — с выемкой ротора.

Электродвигатели ответственных механизмов проходят плановые капитальные ремонты с выемкой ротора (якоря) один раз в 1—2 года.

Для других электрических машин срок капитальных ремонтов

устанавливается по местным инструкциям, но не реже одного раза в 3 года.

Разрешается переводить на удлиненную рабочую кампанию надежно работающие электрические машины. Например, для турбогенераторов период между плановыми капитальными ремонтами может быть увеличен до 2 лет. Однако, если машины имеют пониженное сопротивление изоляции обмоток, частичное выплавление припоя проволочных бандажей и другие дефекты, свидетельствующие о ненадежной работе,— в этих случаях удлинение межремонтных периодов не допускается.

Обязательный объем работ и профилактических испытаний, выполняемых в плановые — текущие и капитальные — ремонты машин, определяются Правилами технической эксплуатации (ПТЭ) и производственными инструкциями [14, 24], В отдельных случаях объем работ и испытаний значительно расширяется (перемотка обмоток, замена роторных бандажей и т. п.), тогда для выполнения капитальных специализированных ремонтов машин необходимо разрабатывать проект организации работ, состоящий в общем виде из следующих технических документов:

ведомости объема ремонтных работ;

технологических графиков капитальных ремонтов;

технологических карт на сложные ремонтные и реконструктивные работы;

плана размещения деталей и оборудования в пределах ремонтной площадки с учетом допустимых нагрузок на перекрытия; данные испытаний грузоподъемных механизмов и прочего такелажа;

спецификации на материалы, инструменты, приспособления, запчасти;

технической документации — чертежи, схемы, сметно-финансовые и поверочные расчеты, обмоточные записки и т. п.

Особое внимание в проекте организации работ должно уделяться обоснованию и уточнению объема ремонтных работ. Ведомость объема работ составляют на основании материалов тщательного обследования и изучения конструкции машины, ее слабых сторон, электрических и механических испытаний, данных эксплуатации — журнальных записей, аварийных актов, листков о браке в работе и ремонтных формуляров.

Капитальный специализированный ремонт малых и средних электрических машин обычно выполняют в мастерских или ремонтных цехах предприятий. Крупные машины капитально ремонтируют даже со значительным объемом реконструктивных работ на месте установки. Это обстоятельство нужно учитывать в проекте организации работ для правильного построения всего технологического процесса ремонта машин.

До начала капитальных ремонтов электрических машин необходимо выполнять все подготовительные работы и мероприятия, предусмотренные проектом организации работ. В процессе капитальных ремонтов необходимо максимально использовать новую технику — станки, приспособления, инструменты с электроприводом и т. д. и внедрять передовые методы организации труда.

§ 26. НАИБОЛЕЕ ХАРАКТЕРНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИНАХ И СПОСОБЫ ИХ ВЫЯВЛЕНИЯ

Самой уязвимой частью в электрических машинах являются обмотки.

Более 75% аварий электрических машин в среднем происходит в результате повреждения обмоток.

Высокая повреждаемость обмоток объясняется тяжелыми условиями, в которых они работают, и в основном недостаточной стабильностью электромеханических свойств изолирующих материалов.

Также часто повреждаются детали токособирательной системы, подшипники, роторные бандажи и т. п.

Рассмотрим наиболее характерные дефекты, встречающиеся в электрических машинах.

Износ и старение изоляции, сопровождающиеся значительным снижением сопротивления изоляции. Этот дефект может быть естественным результатом длительного срока службы или чрезмерной перегрузки электрических машин (форсированное старение изоляции). Старение изоляции является серьезным дефектом, для устранения которого необходима полная переизолировка машин.

Внешние признаки старения микафолиевой изоляции машин показаны в табл. 118.

Таблица 118

Примерная оценка свойств гильзовой изоляции обмоток турбогенераторов напряжением до 6,6 *кв* по внешнему виду

% годности	Пазовая изоляция стержней	Изоляция стержней (дуг) в лобовых частях
100	Свежая твердая и монолитная, отдельные слои не разделяются	Светлая гибкая с легким отливом
90	Твердая сухая, но еще гибкая	Сухая в местах паек, но не хрупкая. В прочих местах мягкая
80	Твердая, но не хрупкая, звенит при простукивании	Сухая, но еще сохранившая эластичность. Лаковый покров потускнел

Повреждение (пробой) изоляции электрических машин в результате грозовых перенапряжений. При наличии быстродействующей защиты размер повреждения изоляции машины может быть ограничен. В подобных случаях подвергается ремонту только часть обмотки.

Продолжение табл. 118

% годности	Пазовая изоляция стержней	Изоляция стержней (дуг) в лобовых частях
70	Сухая, отдельные слои могут быть разделены, но сохранили еще гибкость и взаимную связь	Твердая и сухая по всем лобовым частям обмотки и соединительным дугам
60	В одном-двух местах пересечения стержней с вентиляционными каналами изоляция набухла	Поверхность шероховатая, появились пузырьки и мелкие неглубокие трещины*
50	Наблюдается набухание изоляции во многих местах пересечения стержней с каналами	В местах паек имеются небольшие мешки. Изоляция утеряла гибкость, но еще не хрупкая.
40	При разрезании изоляции около меди имеется слюдяная пудра, появившаяся в результате разрушения прилегающей слюды	Изоляция хрупкая, крепления и прокладки ослабли. Есть трещины
30	Изоляция хрупкая На поверхности меди имеютси следы окислов	Воздушные мешки небольшого размера прощупываются рукой.
20	Изоляция утеряла связь отдельных слоев Фибра и электрокартон обесцвечены и рассыпаются при нажатии рукой. Имеются многочисленные следы тихого разряда (проколы)	Изоляция расслаивается хрупкая, имеются трещины Значительные воздушные мешки. Изоляция очень хрупкая, есть сквозные трещины
10	Связь гильзы с медью утеряна, и гильза снимается, как чулок. Пустоты обнаруживаются нажатием руки	Сильное растрескивание гильзы. Изоляция крошится
0	Большие пустоты, обнаруженные легким нажатием руки Изоляция рассыпается	Изоляция обуглена. Есть сквозные кольцевые трещины

Примечание. Изоляция считается пригодной, если она сохранила не менее 50% своих физических свойств.

* В высоковольтных машинах с номинальным напряжением $U_н$ *в* при наличии трещин в изоляции обмоток, удаленных от корпуса на расстояние

$L \geqslant 10 + \frac{U_н}{200}$ *мм* обычно не нужна замена поврежденного элемента обмотки [20].

Механические повреждения изоляции из-за небрежной транспортировки и сборки электрических машин, вследствие разрывов вентиляторов и роторных бандажей, из-за проседания ротора (якоря) в подшипниках и внезапных коротких замыканий.

При длительной работе машин в пазах и лобовых частях ослабляются крепления обмотки. В таком состоянии машины легко повреждаются при коротких замыканиях, плохо закрепленная обмотка вибрирует, в результате чего изоляция разрушается и выходит из строя.

Разрушение изоляции электрических машин от длительного воздействия кислот, щелочей, масла или же влажной среды. Наиболее подвержены вредному воздействию среды лобовые части обмоток, поэтому иногда ремонт машин сводится к переизолировке пораженных лобовых частей. Но чаще всего обмотка подлежит полной переизолировке, с заменой изоляции на более стойкую.

Нарушение контактов и паек в токоведущих частях электрических машин вследствие больших перегрузок, недопустимой вибрации, заводских дефектов и т. п. Этот распространенный дефект может быть причиной самых серьезных аварий, особенно в машинах высокого напряжения.

Повреждение подшипников из-за плохой сборки и смазки, повышенной вибрации и перегрузки, чрезмерного натяжения ремня, попадания твердых предметов в подшипники (песок, металлическая стружка, окалина).

Дефекты в активной стали машин — нарушение изоляции между листами и ослабление запрессовки пакетов. В малых машинах замыкание листов активной стали статора приводит лишь к некоторому увеличению потерь; в средних машинах оно вызывает повышенные местные перегревы, а в самых крупных — приводит к катастрофическим последствиям — «пожару стали», выплавлению огромных каверн.

Дефекты токособирательной системы электрических машин: повышенный износ коллектора, контактных колец, щеток и щеткодержателей; чрезмерное искрение щеток, возникающие в основном из-за несоблюдения элементарных требований, обеспечивающих нормальную эксплуатацию машин; повреждение изоляции токоподводов щеточных пальцев и т. п.

Дефекты в роторных бандажах. Расплавление припоя в проволочных бандажах, расслоение витков, повреждение подбандажной изоляции.

В турбогенераторах выходят из строя массивные роторные бандажи вследствие недостатков конструкции, низкого качества поковок. Иногда причиной повреждения бандажей являются ненормальные режимы эксплуатации турбогенераторов (резко несимметричная нагрузка, затянувшийся асинхронный режим и т. д.), вызывающие чрезмерный нагрев и появление трещин в теле массивных бандажей или расплавление припоя в проволочных бандажах.

Скрытые дефекты в электрических машинах выявляют различными методами электрических испытаний. В производственной практике чаще применяются следующие несложные методы с использованием простейших приборов и приспособлений.

Метод определения коротких замыканий между витками* и на корпус в якорных обмотках при помощи низкоомного телефона и зуммера.

Для определения витковых замыканий в якорных обмотках применяют схему, приведенную на рис. 14, *а*. Как видно из схемы, аккумулятор (напряжением 6 *в*) и зуммер, прерывающий цепь, подключают к коллектору по полюсному шагу (при двухполюсной машине на $^1/_2$ коллектора, при четырехполюсной машине на $^1/_4$ коллектора и т. д.).

При прохождении тока от аккумулятора, прерываемого зуммером, создается характерный звук, который прослушивают телефоном, подключаемым поочередно к двум соседним коллекторным пластинам. Замыкание витков секции или между пластинами обнаруживают по исчезновению звука в телефоне.

Для нахождения замыканий якорной обмотки на корпус применяют несколько видоизмененную схему (рис. 14, *б*). Проводники от последовательно соединенных аккумулятора и зуммера присоединяют: один проводник к любой коллекторной пластине, а другой к валу, куда присоединяют также один из выводов телефона. При перемещении другого вывода телефона по коллектору звук зуммера в телефоне будет слабее, чем ближе будет находиться перемещаемый вывод к замкнутой на корпус секции или пластине. При соединении перемещаемого вывода телефона с замкнутой пластиной или секцией звук зуммера совсем исчезнет.

Определение полюсных катушек, имеющих витковые замыкании в роторах синхронных машин, путем измерения полного сопротивления переменному току отдельных полюсных катушек методом амперметра и вольтметра **.

В турбогенераторах этот метод применяют при снятых роторных бандажах, когда выводные концы полюсных катушек доступны для подключения источника переменного тока (обычно сварочного трансформатора напряжением до 65 *в*) и измерительных приборов.

Полюсная катушка с витковыми замыканиями обнаруживается

---

* Короткозамкнутые витки и другие дефекты в обмотках машин переменного и постоянного токов находят также при помощи аппаратов типа СМ-1А или СМ-2, специально предназначенных для нахождения витковых замыканий и проверки правильности соединения по схеме обмоток электрических машин и аппаратов, для проверки правильности маркировки выводов фаз и обнаружения обрывов в фазах или катушках обмоток машин и аппаратов.

** В заводских условиях определение витковых замыканий в обмотках роторов турбогенераторов при снятых бандажах осуществляется импульсным методом при помощи специального прибора типа ИВЗ-1 (завод «Электросила»). Величина импульсов испытательного напряжения порядка 110 *в/виток*.

по отклонению величины сопротивления переменному току (в меньшую сторону) от некоторой средней величины.

Для определения полюсных катушек, имеющих временные (летучие) витковые замыкания (возникающие в обмотках явнополюсных роторов при вращении), измеряют падение напряжения на отдельных катушках. Для этого проводом соединяют поочередно междукатушечные соединения с валом машины. И каждый раз машину разворачивают до полных оборотов и частично возбуждают. При помощи специальных медных щеток, наложенных на одно из рабочих колец и вал ротора, вольтметром измеряют падение напряжения на отдельных катушках. О том, есть ли витковые замыкания в катушках или нет, судят по изменению падения напряжения. Если падение напряжения на выводах катушки заметно отличается от некоторой средней величины в меньшую сторону (в пределе равно нулю), то катушка имеет короткозамкнутые витки; в противном случае короткозамкнутых витков нет.

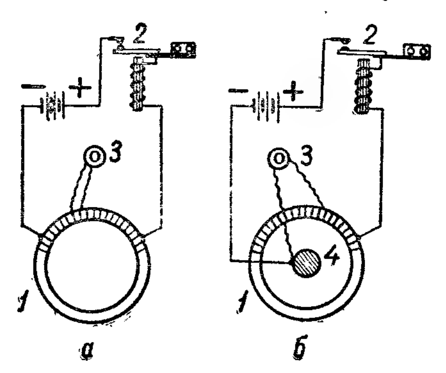


Рис. 14. Определение места повреждения якорной обмотки „прослушиванием":

а — замыкание между витками; *б* — замыкание на корпус; *1* — коллектор; *2* — зуммер; *3* — телефон; *4* — вал машины.

Определение места ослабленной изоляции от корпуса в роторных обмотках прожиганием. На обмотку и вал ротора плавно подается напряжение переменного тока 220 *в* через электролампу мощностью 200—300 *вт*. Таким способом прожигают место ослабленной изоляции. По искре и дыму определяют место замыкания обмотки на корпус ротора.

Удобнее это испытание производить при помощи кенотронного аппарата.

Определение металлических замыканий на корпус в роторных обмотках турбогенераторов при помощи гальванометра (при вынутом роторе из

расточки статора). От резервного агрегата через вал ротора пропускают постоянный ток величиной 500—600 *а* (в зависимости от величины ротора).

Один проводник от гальванометра подсоединяют к контактному кольцу, а другой со щупом перемещают вдоль ротора и наблюдают за показаниями гальванометра. Вблизи замыкания обмотки ротора на корпус гальванометр покажет нуль.

Способы отыскания некачественных паёк в обмотках электрических машин:

а) прогрев обмотки постоянным или переменным током величиной 0,3—0,5 номинального тока при неподвижном состоянии машины. Дефектная пайка обнаруживается по более высокому нагреву;

б) измерение падения напряжения милливольтметром непосредственно в местах паек при пропускании через обмотку машины постоянного тока. Сравнительно высокое падение напряжения в месте пайки покажет на низкое качество пайки. Для измерения падения напряжения на изолированных головках стержней разрешается прокалывать изоляцию игольчатыми щупами. После окончания измерений места проколов заливаются лаком Бт-99;

в) измерения омических сопротивлений обмоток. Измеренные величины омических сопротивлений обмоток различных фаз не должны отличаться друг от друга или от ранее измеренных величин более чем на 2% [14];

г) измерение падения напряжения между всеми парами соседних коллекторных пластин (проверка паек петушков). По этому методу к каждой паре соседних пластин при помощи щупов подводят ток 5—10 *а*. Одновременно между этими пластинами измеряют падение напряжения милливольтметром на 45—150 *мв*. По показаниям милливольтметра и амперметра для каждой пары пластин определяют омическое сопротивление. Величины сопротивлений не должны отличаться более чем на 10% [14], за исключением закономерных колебаний (величин сопротивлений), обусловленных уравнительными соединениями.

Некоторые способы устранения искрения щеток в электрических машинах постояного тока: а) установка щеток в нейтральное положение при неподвижном состоянии машины и при вращении вхолостую. В первом случае к зажимам обмотки возбуждения подключают двухсторонний милливольтметр на 45—60 *мв* с добавочным сопротивлением, а к разнополярным щеткам периодически подключают источник постоянного тока напряжением 4—6 *в*. При этом траверсу со щетками передвигают по вращению машины или против вращения и следят за стрелкой милливольтметра. Стрелка не отклоняется, если щетки находятся на нейтрали.

Если машина работает вхолостую в режиме генератора, то щетки в нейтральное положение устанавливают при постоянном независимом возбуждении. При установлении щеток на нейтрали напряжение на зажимах генератора максимальное.

Если машина вращается вхолостую в режиме двигателя при по-

стоянном напряжении на зажимах, то при установке щеток на нейтраль ее число оборотов в минуту (измеренное тахометром) не меняется при обоих направлениях вращения;

б) сдвигание щеток с нейтрали: при очень сильном поле дополнительных полюсов — в генераторах против вращения, а в двигателях по вращению; при слабом поле дополнительных полюсов — в генераторах по вращению, а в двигателях против вращения. Если этого недостаточно, то в соответствии с полученными результатами изменяют воздушный зазор под дополнительными полюсами.

Выявление дефектов в активной стали электрических машин. Чтобы выявить скрытые дефекты в активной стали, особенно крупных машин, кроме наружных осмотров, в практике применяют известный метод испытания стали статора.

Сущность этого метода заключается в том, что в активной стали машины создается переменный магнитный поток промышленной частоты при индукции порядка 10 000 *гс* и в этих условиях определяют местные перегревы и удельные потери в стали статора.

По инструкции [14] испытание стали статора проводится: при приемо-сдаточных испытаниях генераторов, бывших в эксплуатации; при чвстичной или полной перемотке статора генераторов (до укладки новой обмотки), а также всех генераторов, проработавших свыше 15 лет и далее через каждые 5 лет.

Испытание стали машин проводят в такой последовательности. Вначале выполняют подготовительные работы. Через расточку статора при вынутом роторе наматывают изолированным проводом намагничивающую обмотку* (рис. 15).

Во избежание замыкания между листами активной стали инструмент и все случайно попавшие металлические предметы из статора удаляют.

Подготовляют несколько термодетекторов и спиртовых термометров. В цепь намагничивающей обмотки включают точные измерительные приборы: вольтметр, ваттметр и амперметр и подводят провода от источника питания.

После выполнения подготовительных работ приступают к испытанию активной стали. Засекают время и включают ток в намагничивающую обмотку. Через 10 мин. на ощупь проверяют нагрев зубцов и на наиболее холодном зубце устанавливают по длине 2—3 термодетектора и столько же спиртовых термометров.

Еще через 10 мин. определяют наиболее нагретые зубцы и в них также устанавливают термодетекторы и спиртовые термометры. В дальнейшем продолжают наблюдать за показаниями приборов и термометров.

Испытание продолжается 90 мин. Активная сталь считается выдержавшей испытание, если:

---

* Обмотка рассчитывается аналогично § 33.

а) разность между температурами стали в начале испытания и в конце не более 45°;

б) разность между температурой отдельных зубцов не выше 30°;

в) удельные потери, приведенные к индукции 10 000 *гс*, не больше 2,5 *вт/кг* — для высоколегированной стали и 4 *вт/кг* — для низколегированной стали *.

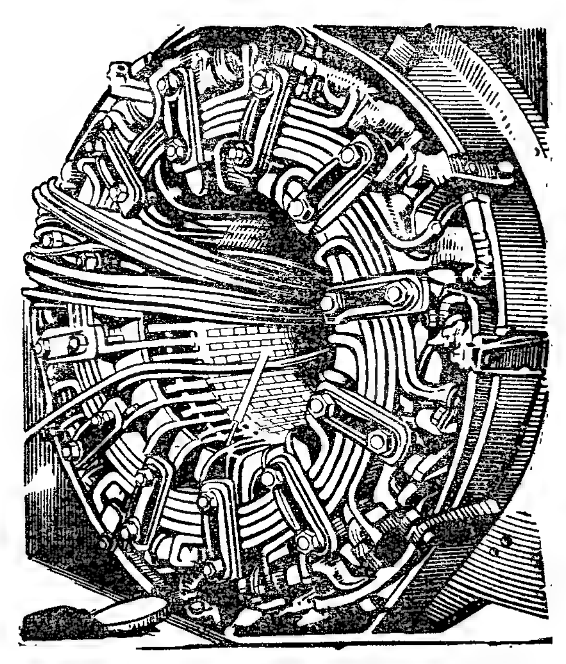


Рис. 15. Расположение намагничивающей обмотки при испытании активной стали статора.

§ 27. РЕМОНТ СЕРДЕЧНИКОВ СТАТОРА И РОТОРА

Как известно, для уменьшения потерь на вихревые токи сердечники электрических машин набирают из штампованных листов электротехнической стали. Эти листы для сердечников якоря и статора, машин мощностью свыше 1 *квт* изолируют лаковой пленкой

* Сердечники статоров турбогенераторов отечественного производства мощностью до 10 *мгвт* до 1932 г. изготовлялись из динамной стали с удельными потерями до 3,3 *вт/кг* (при 10 000 *гс*).

или тонкой бумагой (в старых выпусках). Штампованные листы для роторов асинхронных двигателей изолируют только при мощности машин свыше 50 *квт*.

По сравнению с другими узлами наборные сердечники являются самой долговечиой частью электрической машины.

Чаще всего в сердечниках имеют место мелкие повреждения, которые устраняют без перешихтовки пакетов.

Выпавшие распорки (ветряницы) заменяют новыми, одновременно производят подпрессовку сердечника. Поврежденную изоляцию стяжных болтов заменяют новой микафолиевой. Вмятины, заусеницы, следы ожогов вольтовой дугой в активной стали выводят местной зачисткой наждачным камнем, напильником, зубилом. После зачистки и устранения случайных соединений (перетяжек) между листами зачищенные места покрывают лаком или эмалью.

В практике ремонта электрических машин имеют место случаи полной или частичной перешихтовки пакетов активной стали. Перешихтовка активной стали машин связана с большимн трудозатратами, поэтому должна производиться в крайних случаях — прежде всего при повышенных перегревах стали в результате порчи изоляции и массовых замыканий между листами [14].

Сердечник статора или ротора, предназначенный к перешихтовке, устанавливают в вертикальном положении так, чтобы крепления и замковые части оказались сверху.

До распрессовки сердечника эскизируют расположение пакетов и вентиляционных каналов. Затем приступают к перешихтовке листов стали.

Вначале освобождают замки и нажнмные приспособления, после чего разбирают листы. Листы складывают в том же порядке, в каком они были заложены в статор или ротор. При разборке листы тщательно осматривают.

В тех случаях, если отжиг и нормализация стали не предусматриваются, то старую изоляцию с листов удаляют механическим путем.

Активная сталь машин, длительно находившаяся в эксплуатации, ухудшает свои первоначальные свойства — стареет. Это явление обнаруживают по относительно высоким удельным потерям в стали.

Для восстановления нормальных свойств стали на заводах и в крупных мастерских применяют известный способ отжига и нормализации стали, при котором старая изоляция сгорает и легко удаляется с листов.

Процесс нормализации стали заключается в следующем. В нагретую до температуры 700° печь загружают сложенные в жароупорные ящики листы стали. Чтобы ограничить доступ воздуха к листам, ящики закрывают крышками. После нагрева листов до 700° температуру в печи повышают до 850°. При этой температуре листы в печи выдерживают 2 часа. Затем температуру снижают до 830 ÷ 845° и поддерживают в течение 3 час. Далее нагрев печи прекращают и охлаждают печь в течение 12—14 час.

Переизолировку пакетов стали производят лаком печной сушки

Гф-95, более жидкой консистенции за счет добавочного введения растворителя (смесь бензина с бензолом в равных долях).

Для этой цели можно также применять битумно-масляные лаки печной сушки № 319, 458, 460 с добавлением 40—50% покровного цементирующего лака Бт-99.

Листы, покрытые с обеих сторон лаком, вначале сушат на открытом воздухе, а потом запекают в сушильных шкафах при температуре 105÷110° до прекращения отлипа лаковой пленки. Толщина пленки по возможности должна быть такой, какой она была до ремонта, обычно 0,1—0,05 *мм* на сторону.

Качество лаковой пленкн проверяют до сборки листов по сопротивлению изоляции пленки, определяемому по методу амперметра и вольтметра. Для этого 20 листов стали собирают в стопку. Сверху и снизу располагают металлические электроды площадью по 100 *см*², изолированные от пресса картонными прокладками. Затем пакет сжимают под прессом давлением 5—6 *кГ/см*². К электродам присоединяют батарею сухих элементов (или аккумулятор) напряженнем 4,5—6 *в*.

В цепь батареи включают миллиамперметр и измеряют вольтметром напряжение на пакете. По показаниям приборов определяют сопротнвление изоляции лаковой пленки пакета, которое должно быть не менее 50 *ом*.

При положительных результатах испытания изоляции приступают к сборке листов. Чтобы правильно уложить отдельные листы, в пазы вставляют иесколько направляюших стальных оправок, изготовленных точно по размерам паза статора.

Набраиные пакеты прессуют (по одному, максвмум по два, общей толщиной не более 100—150 *мм*, при давлении 5—6 *кГ/см*²) стягивающими болтами или гидравлическими домкратами непосредственно в корпусе статора илн на валу (втулке) ротора электродвигателя.

При сборке активной стали турбогенераторов мощиостью 0,5—100 *мгвт* применяются режимы прессовок стали, приведенные в табл. 119.

Окончательно собранные и запрессованные сердечники статоров нормально испытывают для выявления дефектов и определения величины потерь в стали после ремонта.

§ 28. РЕМОНТ ОБМОТОК МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА И АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 500 *в*

Ремонт якорных обмоток. Приступая к частичной или полиой перемотке якоря, прежде всего, маркируют пазы, затем составляют схему обмотки, собирают обмоточные данные, эскизируют лобовые части обмотки, проволочные бандажи и другие узлы. Особое виимание уделяют выбору новых обмоточных проводов. Сечеиия их (по меди, а также с изоляцией) должны быть по возможиости сохранены такими же, как и до ремонта, за исключением случаев, когда

Таблица 119

Режимы прессовок активной стали статора турбогенераторов серии Т2

Тип генератора	Режимы прессовок*									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Т2-0,5-2	57/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Т2-1-2	46/8	57/10	-	-	-	-	-	-	-	-
Т2-1,5-2	46/8	57/10	-	-	-	-	-	-	-	-
Т2-3-2	70/8	88/10	-	-	-	-	-	-	-	-
Т2-3,5-2	80/8	100/10	-	-	-	-	-	-	-	-
Т2-6-2	107/8	107/8	134/10	-	-	-	-	-	-	-
Т2-12-2	125/8	125/8	157/10	157/10	-	-	-	-	-	-
Т2-25-2	154/8	154/8	195/10	195/10	195/10	-	-	-	-	-
Т2-50-2	240/8	240/8	300/10	300/10	300/10	300/10	-	-	-	-
Т2-100-2	275/8	275/8	275/10	275/10	330/10	330/10	330/10	330/10	330/10	330/10

*Общее давление на активную сталь во время прессовки в тоннах показано в числителе, а в знаменателе показано давление в $кГ/см^2$.

изменяются номинальные величины: напряжение, мощность, обороты и т. д.

В зависимости от формы паза, напряжения и мощности машины якорные обмотки выполняются в виде жестких (шаблонных) или

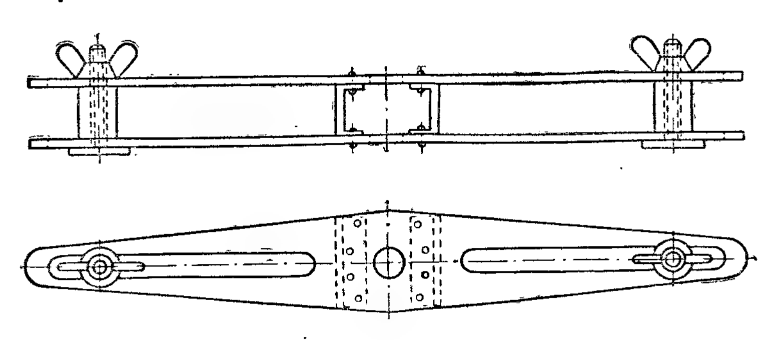


Рис. 16. Шаблон для намотки секций.

мягких (всыпных) секций, а также протяжкой вручную обмоточного провода в закрытые или полузакрытые пазы.

Ввиду большого распространения шаблонных якорных обмоток ниже даются краткие указания по намотке этого типа обмоток для машин постоянного тока, средних габаритов напряжения до 500 *в*.

При массовой намотке жестких проволочных секций целесообразно пользоваться металлическим шаблоном (рис. 16).

Конструкция шаблона позволяет легко изменять длину секций (лодочек) простой перестановкой упоров в боковых удлиненных вырезах.

Чтобы получить необходимые радиусы и толщины сторон секций, одевают на те же упоры металлические трубки соответствующих размеров.

Если специального оборудования нет, то секции обычно наматывают при помощи токарного станка. В этом случае металлический шаблон закрепляют к планшайбе и на малых оборотах наматывают лодочку, предварительно пропустив обмоточный провод через специальный зажим для натяга и подрихтовки.

Намотанную лодочку перевязывают в нескольких местах хлопчатобумажной лентой, после чего снимают с шаблона и дополнительно скрепляют одним слоем такой же ленты вполнахлеста. При помощи приспособления (рис. 17, *а, б*) лодочку растягивают в поперечном направлении до необходимых размеров. Чтобы готовая секция правильно расположилась на цилиндрическом обмоткодержателе, ее лобовые части выгибают на деревянном приспособлении (рис. 18).

Для намотки якорных секций в крупных мастерских применяют более совершенные универсальные шаблоны, позволяющие производить растяжку лодочек, не снимая их с шаблона. Одна из конструкций таких шаблонов показана на рис. 19.

Окончательно отформованные секции сушат и пропитывают изоляционными лаками (табл. 120), затем изолируют по нормам и укладывают в открытые пазы якоря. После укладки секций паяют пе-

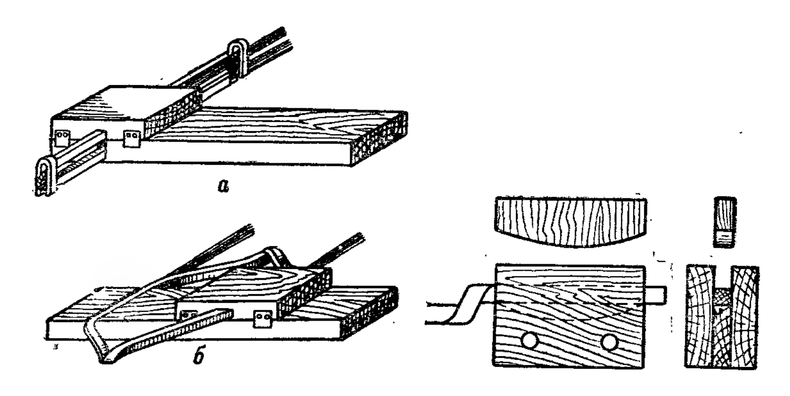


Рис. 17. Приспособление для растяжки секций:
а — секция до растяжки; *б* — секция после растяжки.

Рис. 18. Приспособление для формовки лобовых частей секций.

тушки коллектора и накладывают проволочные бандажи на якорь. Обмотанный якорь пропитывают и сушат. Все пооперационные испытания якоря повышенным напряжением производят по нормам (см. табл. 117).

Ремонт обмоток возбуждения. К обмоткам возбуждения относятся: катушки главных полюсов последовательной и параллельной обмоток возбуждения, катушки дополнительных полюсов и стержни компенсационной обмотки.

Кратко опишем технологию ремонта основных элементов обмоток возбуждения.

Намотка катушек главных полюсов параллельного возбуждения. Намотку многовитковых катушек возбуждения производят на каркасах или на разъемных оправках (шаблонах), изготовляемых из дерева твердой породы. Для малых машин применяют каркасы из электрокартона или бакелизированной бумаги. Для средних и крупных машин каркасы катушек изготовляют из листовой стали с помощью точечной сварки. Каркас перед установкой на намоточный станок изолируют по высоте 8—10 слоями микафолия (до общей толщины на сторону 1,5—2 *мм*). Изо-

лировку каркаса микафолием производят вручиую, при помощи электрического утюга. На торцы каркаса катушки устанавливают гетинаксовые или электрокартонные шайбы.

Намотку каркасных полюсных катушек выполняют в порядке, описанном ниже.

К началу обмоточного провода (ПБД, ПЭЛБО) припаивают медную луженую выводную пластину или специальный патрон (гильзу).

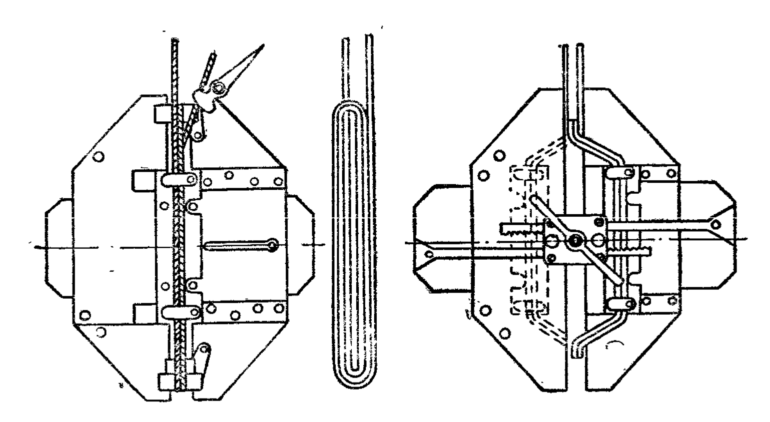


Рис. 19. Шаблон для намотки и растяжки секций.

Если катушку наматывают проводом диаметром до 1 *мм*, то выводные концы наращиваются из гибкого провода марки ПРГ. Пайку выводных концов производят припоем ПОС40, а обмоточных проводов внутри катушки — только серебряным припоем.

Перед намоткой катушки начальную выводную пластину изолируют лакотканью, гибким миканитом или электрокартоном (в зависимости от класса изоляции) и закрепляют ее на каркасе. Каркас катушки с закрепленным выводным концом устанавливают на планшайбе намоточного или токарного станка, после чего на малой скорости наматывают катушку. Провода диаметром до 0,8 *мм* наматывают на каркас или шаблон внавал, без соблюдения строгой правильности укладки витков в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Провода бóльших диаметров должны укладываться при намотке равномерно, без переходов поперек витков. При намотке катушек проводами прямоугольного сечения на переходах из слоя в слой подкладывают полоски из гибкого миканита или картона толщиной 0,2 *мм*. Перед намоткой последнего слоя провода на каркасе устанавливают выводную пластину или патрон (медную гильзу).

Дальше, не ослабляя натяжения последних намотанных вит-

ков катушки, припаивают конец обмотки к выводной пластине (патрону).

Намотанную катушку сушат и пропитывают, затем покрывают лаком Бт-99 и снова сушат на воздухе.

Порядок намотки бескаркасных катушек на оправке в основном такой же. Деревянные разрезные шаблоны изготовляют по размерам изолированной части полюса с учетом зазора (1,5—2 *мм*) между катушкой и полюсом. Корпусная изоляция катушки состоит из гетинаксовых шайб и микафолия, накладываемого непосредственно на сердечник полюса. Односторонняя толщина микафолиевой изоляции 1,5—2 *мм*.

Ремонт катушек дополнительных полюсов. Как правило, катушки дополнительных полюсов наматывают голым медным проводом прямоугольного сечения. При ремонте намотка катушек дополнительных полюсов встречается редко, так как почти всегда можно переизолировать провод старой катушки.

В качестве витковой изоляции катушек служит электрокартон, миканит или асбест толщиной до 1 *мм*. Для корпусной изоляции применяется микафолий, бакелизированная бумага и электрокартон.

Переизолировка катушек дополнительных полюсов выполняется в такой последовательности.

Очищенную от старой изоляции катушку надевают на оправку и раздвигают витки. Между витками прокладывают электрокартонные или миканитовые прокладки (на шеллаке), вырезанные по периметру витков. Затем катушку перевязывают хлопчатобумажной лентой и в таком виде собирают на специальной металлической оправке вместе с торцовыми изоляционными шайбами. На торцах катушки создают небольшое давление, после чего ее нагревают постоянным или переменным током до 120÷130° и окончательно прессуют при удельном давлении около 36 *кГ/см*². В запрессованном состоянии катушку охлаждают до температуры окружающей среды.

Прессующие приспособления разбирают, зачищают катушку, покрывают ее лаком Бт-99 и сушат на воздухе.

При монтаже обмоток возбуждения электрических машин с дополнительными полюсами необходимо соблюдать такой порядок чередования полярности главных (N, S) и дополнительных (n, s) полюсов:

Режимы работы	Чередование полярности главных и дополнительных полюсов по направлению вращения якоря
Генератор	$n - N - s - S - n - N - s - S$
Двигатель	$N - n - S - s - N - n - S - s$

Ремонт статорных обмоток. Статорные обмотки асинхронных двигателей выполняются так же, как и якорные, в виде мягких (всыпных) или жестких секций либо протяжкой вручную обмоточного провода в закрытые или полузакрытые пазы.

В двигателях малой и средней мощности получили наибольшее распространение двухслойные обмотки с мягкими секциями. Некоторые особенности намотки мягких секций приводятся ниже.

Мягкие секции двухслойных обмоток наматывают изолированными проводами марок ПБД, ПЭЛБО диаметром не более 2 *мм* на шаблонах (рис. 16) обычно в форме лодочек. Не снимая с шаблона, намотанные секции скрепляют в нескольких местах временной хлопчатобумажной лентой и отправляют на сушку и пропитку в лаках № 447 или 458.

Пазы статора изолируют по нормам, а потом по одному про-

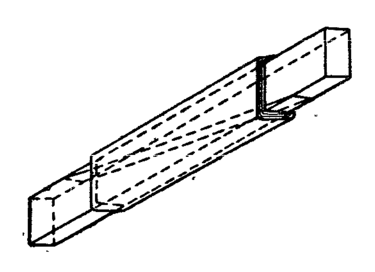


Рис. 20. Стальной дорн для изготовления изоляционной гильзы.

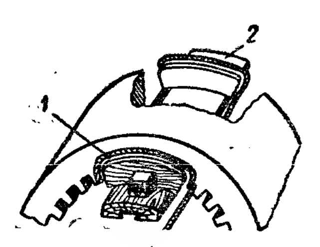


Рис. 21. Установка шаблона для намотки нижних катушек обмотки:
1 — обмотка; *2* — шаблон.

водинку через прорезь (шлиц) полузакрытого паза укладывают в статор мягкие многопроволочные секции.

После укладки секций и заклиновки пазов деревянными клиньями изолируют и окончательно формуют лобовые части секций по месту.

При больших сечениях меди секции всыпной обмотки до укладки в пазы формуют при помощи шаблонов так же, как и якорные секции.

В устаревших конструкциях электродвигателей статорные обмотки, выполненные протяжкой провода вручную, встречаются часто, поэтому ниже приводится краткая технология изготовления таких обмоток. При этом предполагается, что в процессе разборки ремонтируемой машины пазы статора замаркированные, обмоточные данные сняты с натуры, заэскизированы лобовые части обмотки, проволочные бандажи и т. п.

По размерам паза с учетом толщины пазовой изоляции (гильзы) изготовляют стальной дорн в виде двух встречных клиньев (рис. 20).

По размерам старой гильзы из электрокартона и лакоткани нарезают заготовки и изготовляют полный комплект гильз таким образом: на горячей плите (80÷100°) дорн плотно обворачивают пропитанным электрокартоном — заготовкой или электрокартоном и лакотканью (в зависимости от конструкции); обмотанный дорн туго утя-

гивают киперной лентой вполнахлеста и охлаждают до температуры окружающей среды.

Далее, в соответствии со схемой обмотки, в пазы статора на расстоянии шага вставляют две гильзы и устанавливают шаблон для намотки нижних катушек (рис. 21). По количеству проводников в пазу гильзы заполняют стальными шпильками, равными по размеру обмоточным проводам с изоляцией плюс 0,05—0,1 *мм*. Пазы также рекомендуется заполнять деревянными планками и шпильками (рис. 22). После этого приступают к намотке нижних

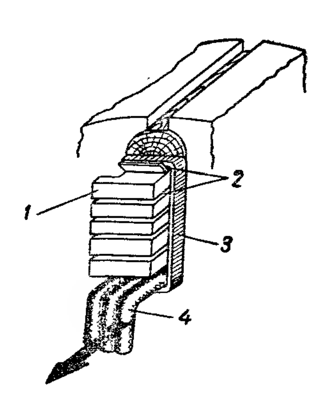


Рис. 22. Заполнение паза перед протяжкой обмотки:

1 — деревянные планки; 2 — междурядовая изоляция; 3 — гильза; 4 — шпильки.

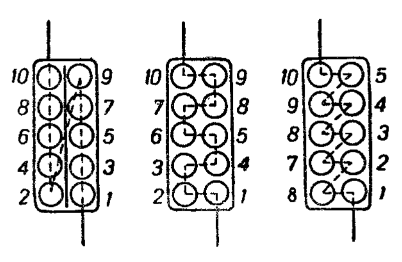


Рис. 23. Порядок укладки провода в пазу при намотке статорных обмоток впротяжку.

катушек статорной обмотки. Вначале вынимают из первого паза одну шпильку и вместо нее одновременно протягивают провод. Этот же провод протягивают через второй паз, отстоящий от первого на расстоянии шага, затем возвращаются в первый и т. д. до полного заполнения паза. Пазы предпочтительно заполнять проводниками, как указано на рис. 23.

После намотки первой катушки на ее лобовых частях накладывают вымостку из электрокартона (рис. 24) толщиной, равной расстоянию между соседними нижними катушками. Далее в таком же порядке наматывают следующую нижнюю катушку и т. д. После намотки всех нижних катушек вынимают прокладки — вымостки из междукатушечного пространства — и изолируют лобовые части нижних катушек.

Закончив изолировку лобовых частей, нижние катушки испытывают повышенным напряжением по нормам.

Для намотки верхних неотогнутых катушек в расточке статора устанавливают другой шаблон, изображенный на рис. 25. Аналогично заполняют соответствующие пазы изоляционными гильзами, после чего впротяжку наматывают все верхние катушки и изолируют их лобовые части. Намотанные и окончательно изолирован-

ные верхние катушки испытывают повышенным напряжением по нормам. Затем, в соответствии со схемой, производят пайку всей обмотки и изолируют места паек.

В заключение перемотанный статор сушат и пропитывают в лаках типа № 458, потом снова сушат и лакируют покровными лаками или эмалями до получения удовлетворительных результатов.

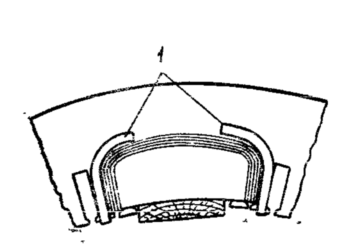


Рис. 24. Наложение прокладок между секциями обмотки:
1—прокладки (вымостка из картона).

Рис. 25. Шаблон для намотки верхних катушек статора.

Ремонт обмоток фазных роторов. В асинхронных двигателях с фазным ротором применяют два основных типа обмоток роторов: катушечную обмотку (всыпная и протяжная) и стержневую.

Катушечные обмотки ротора наматывают примерно так же, как и соответствующие им обмотки статора. Ниже приводятся краткие указания по ремонту часто встречающихся стержневых двухслойных волновых обмоток роторов с полной заменой изоляции.

Медные стержни роторных обмоток повреждаются редко, поэтому ремонт обмоток обычно сводится к замене изоляции и пайке стержней.

Прежде чем приступить к демонтажу старой обмотки ротора, необходимо определить и записать такие данные: длину лобовых частей обмотки, расположение и количество проволочных бандажей (диаметр проволоки, количество витков, замков). Остальные данные собирают в процессе разборки — вычерчивают схему обмотки, определяют размеры и форму изгибов стержней, уточняют конструкцию изоляции ротора.

После снятия проволочных бандажей и распайки контактных хомутиков отгибают в лобовых частях верхние стержни и вынимают их из пазов, так же поступают и с нижними стержнями. Извлеченные из пазов стержни отжигают в печи, очищают от старой изоляции и заусенцев, рихтуют и выгибают (по шаблону). Отрихтованные стержни изолируют по нормам.

До начала укладки стержней в пазы ротор тщательно очищают от грязи, продувают сжатым воздухом. Затем изолируют обмоткодержатели и закладывают в пазы проходные коробочки из электро-

картона (гильзы). Эти коробочки заранее заготовляют по размерам паза так же, как и для статорных протяжных обмоток. Выполнив вспомогательные операции, приступают к укладке стержней в пазы со стороны контактных колец. Вначале закладывают натертые парафином изолированные обратные стержни (стержни, имеющие соединительные дуги), а с противоположной стороны — остальные стержни нижнего слоя. Одновременно кладут междуфазовые прокладки из электрокартона.

Лобовые части уложенных в пазы стержней со стороны, противоположной контактным кольцам, стягивают временным проволочным бандажом (из мягкой отожженной проволоки). Со стороны контактных колец их отгибают по шагу обмотки, после чего кладут на свои места междуфазовые перегородки и снимают временный проволочный бандаж.

Со стороны контактных колец закладывают в пазы все верхние стержни. После окончания этой операции укладывают междуфазовые прокладки и изоляцию между слоями стержней в лобовых частях.

Стержни со стороны контактных колец осаживают и стягивают временным бандажом. С противоположной же стороны их отгибают по шагу, осаживают и также стягивают временным бандажом.

Перемотанный ротор сушат в печи при температуре 110 ÷ 120° около 4 час., при этом периодически подтягивают временные проволочные бандажи для уплотнения обмотки в горячем состоянии.

После окончания сушки и формовки обмотки забивают клинья в пазы. На головки стержней надевают контактные хомутики и пропаивают их припоем марки ПОС-30.

Дальше снимают временные и наматывают постоянные проволочные бандажи, которые так же паяют припоем марки ПОС-30. Бандажи необходимо паять быстро, хорошо нагретым паяльником, чтобы не повредить подбандажную изоляцию.

И, наконец, изолируют головки стержней, снова сушат ротор и пропитывают в лаках.

Пропитка и сушка обмоток электрических машин напряжением до 500 *в* и деревянных изделий. Обмотки электрических машин в процессе их изготовления пропитывают электроизоляционными лаками и сушат обычно в калориферных печах с принудительным обменом горячего воздуха.

Нормально технологический процесс ведется по следующей схеме: предварительная сушка, затем пропитка и повторная сушка, отделка покровными лаками или эмалями и, наконец, окончательная сушка обмоток.

Режимы пропитки и сушки обмоток определяются свойствами применяемых лаков, габаритами машин и имеющимся оборудованием (пропиточные баки, сушильные печи и т. д.). Для предварительных разработок технологического процесса пропитки и печной сушки (в калориферных печах) обмоток машин напряжением до 500 *в* рекомендуется использовать данные, приведенные в табл. 120.

Таблица 120

Режимы пропитки и сушки обмоток электрических машин напряжением до 500 *в* (в калориферных печах)

Наименование	Сушка до пропитки. Продолжительность сушки в часах в зависимости от температуры (в град.)			Пропитка погружением		Сушка после каждой пропитки. Продолжительность сушки в часах в зависимости от температуры (в град.)			
	110÷120	121÷130	131÷140	Температура (в град.)	Время (в мин.)	110÷120	121÷130	131÷140	131÷150
Мягкие секции, намотанные проводом марок ПБД, ПЭЛБО, ПЭЛШО*	0,5	-	-	60÷70	3-5	1	-	-	-
Жесткие якорные и статорные секции до наложения корпусной изоляции**	2,0	1,5	1,0	60÷70	3-5	4	3-4	-	1,5-2,0
Обмотанные якоря нормального исполнения	3,0-8,0	2,5-6,0	2,0-5,0	60÷70	10-15	5-14	6-12	3-10	-
То же, тепло- и влагостойкого исполнения	3,0-8,0	4,0-6,0	2,0-3,0	60÷70	10-15	7-12	5-12	4-10	-
Полюсные катушки параллельного возбуждения	2,0-3,0	-	-	60÷70	15-20	6-8	-	-	-
Обмотанные статоры нормального исполнения	3,0-4,0	2,5-3,0	2,0-2,5	60÷70	10-15	8-10	6-8	5-6	-
То же, тепло- и влагостойкого исполнения***	3,0-4,0	2,5-3,0	2,0-2,5	60÷70	10-15	7-11	5-9	4-7	-
Обмотанные роторы нормального тепло- и влагостойкого исполнения	4,0-10,0	3,0-6,0	2,5-4,0	60÷70	10-15	10	8	6	-
То же, усиленного тепло- и влагостойкого исполнения	6,0-10,0	6,0	4 0	60÷70	10-20	6	30-40	-	16,0-24,0

Примечания: 1. Секции, намотанные проводами марок ПБД, ПДА и ПСД, перед пропиткой, до наложения корпусной изоляции сушить не надо.

2. Приближенно мощность электрокалорифера (мощность нагревательного элемента) принимается 5—8 *квт* на 1 $м^3$ сушильной печи.

*Сушка секций и обмоток, намотанных проводами марок ПЭБО, ПЭЛБО, ПЭШО и ПЭЛШО, разрешается только при температурах не свыше 110÷120°. Это требование распространяется также на обмотки электрических машин, у которых выводы и соединения выполнены с хлорвиниловой или резиновой изоляцией.

**Пропитка и сушка повторяются от 2 до 5 раз.

***Пропитка и сушка повторяются 3 раза. причем если применяются кремнийорганические лаки, то после каждой обычной пропитки и сушки назначается дополнительная сушка при температуре 180÷190° от 6 до 25 час.

При ремонте электрических машин в качестве вспомогательных материалов применяют различные твердые породы дерева (белый или серый бук, дуб, береза и др.) после соответствующей обработки.

Воздушно-сухой серый или белый бук, предназначенный для изготовления крепежных деталей машин длительно сушат в сушильных камерах при температуре 60÷100° (до полного удаления влаги). Затем из него изготовляют клинья, распорки и т. п. с припуском около 2—3% на усадку.

Готовые изделия пропитывают в натуральной олифе при температуре 110÷120° до полного прекращения выделения пузырьков воздуха и паров из дерева. Длительность пропитки зависит от размеров и количества одновременно пропитываемых изделий в баке.

После пропитки изделия сушат при температуре 60÷110° в течение 40—48 час., периодически проверяя сухость изделий.

Если в начале сушки олифа интенсивно выступает на поверхность дерева, то необходимо понизить температуру сушки до 60°, после чего снова повысить до 100÷110° и продолжать сушку.

§ 29. ПЕРЕИЗОЛИРОВКА СТАТОРНЫХ ОБМОТОК МИКАЛЕНТОЙ

Статорные обмотки (катушечные и стержневые) современных высоковольтных электрических машин, как правило, изолируются однородным материалом — микалентой, отличающейся надежностью в работе и бо́льшей долговечностью по сравнению с другими видами изоляции.

В отличие от заводской технологии переизолировка микалентой статорных обмоток (на месте установки машин) допускается без применения процесса компаундирования. От этого качество микалентной изоляции несколько ниже, но, как показывает опыт, переизолированные микалентой без компаундирования даже крупные электрические машины достаточно надежны.

Полную переизолировку микалентой (на битумно-масляном лаке) статорных обмоток напряжением до 6,3 *кв* проводят в следующей последовательности: подготовляют катушки (стержни) к наложению изоляции, затем их изолируют, сушат и укладывают в пазы статора.

Наложение витковой микалентной изоляции на катушки. В процессе наложения витковой изоляции на катушки необходимо выполнить следующие операции:

1. Очистить катушки от старой изоляции, грязи, наплывов лака и окислов. Отрихтовать по шаблону (рис. 26) и проверить укладку катушек в макете статора (рис. 27).

2. Залудить выводные концы припоем марки ПОС-40.

3. Если предусмотрено усилить витковую изоляцию, то необходимо катушку расположить на станке (рис. 28), отделить витки,

протереть их салфеткой, увлажненной в бензине, и покрыть лаком Бт-99. Изолировать каждый виток микалентой или же усилить междувитковую изоляцию прокладками. Скрепить каждую катушку одним слоем киперной ленты вполнахлеста.

4. Высушить катушки партиями по несколько штук в вакуумном котле по первому режиму (табл. 121).

5. Опрессовать пазовую часть катушек в пресс-форме (рис. 29). Число одновременно действующих на катушку винтов с ленточной резьбой ⌀ 24 *мм* при длине воротка 700 *мм* определяют из расчета: 1 винт на каждые 300 *мм* пазовой части катушки. В нагретую до

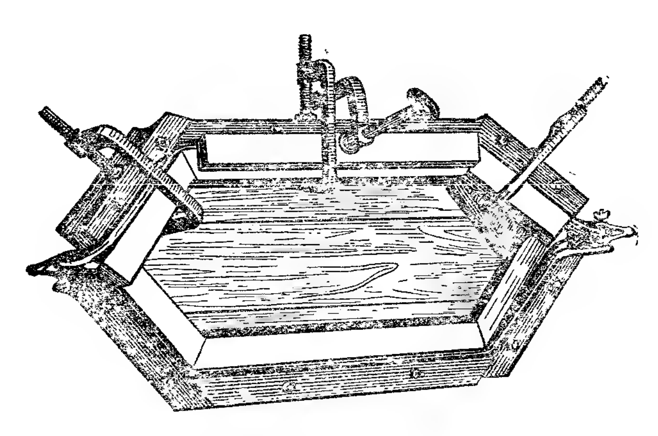


Рис. 26. Шаблон для рихтовки секций.

температуры 130°÷150° пресс-форму вложить пазовую часть катушки и создать небольшое давление на широкую сторону пазовой части, затем на узкую. Прогреть катушку 5—10 мин., после чего увеличить давление, сначала на широкую, а затем на узкую сторону пазовой части и окончательно опрессовать катушку. Выдержать ее под давлением в горячей пресс-форме 30—45 мин. (в зависимости от величины катушки и температуры пресс-формы). Охладить пресс-форму до температуры окружающего воздуха и осторожно вынуть катушку из пресс-формы, после чего испытать витковую изоляцию катушки повышенным напряжением по нормам.

Разрезные катушки однослойных статорных обмоток в пазовой части прессуют аналогично п. 5. Лобовые части опрессовывают в специальных приспособлениях. Для этого на каждую лобовую часть накладывают четыре стальные планки, форма которых строго соответствует кривизне витков. Планки сжимают струбцинами. Опрессовку лобовых частей катушек необходимо вести возможно быстрее, чтобы нагретая катушка не успела остыть ниже 80 ÷ 70°. Если же

лобовые части катушки все же остыли, то их надо снова подогреть вместе с прессующими приспособлениями (паяльиой лампой или газовой горелкой).

Наложение корпусной микалентной изоляции на катушки. Для наложения корпусной изоляции на катушки иеобходимо выполнить следующие операции:

1. Установить на стойках несколько катушек, снять с них временную хлопчатобумажную ленгу. Выровнять поверхность катушек

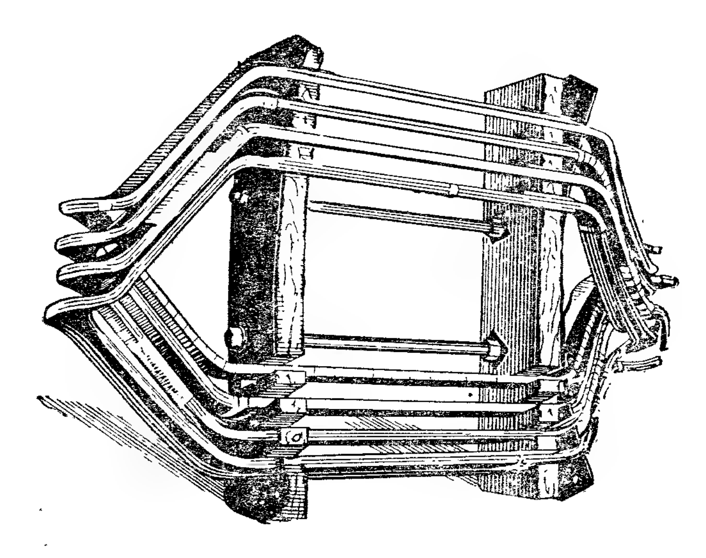


Рис. 27. Макет для укладки обмотки статора.

асбестовой или тальковой массой на клеящем лаке. Покрыть катушки лаком Бт-99.

2. Изолировать выводные концы катушек, потом головки со стороны выводных концов. Уложить выводные концы на свое место и закрепить их шпагатными бандажами.

3. Наложить на катушки корпусную микалентную изоляцию (для обмоток напряжением до 3,3 *кв* всю, а для обмоток 6,3 *кв* только половину).

Количество слоев микаленты накладывать по нормам. Все слои микаленты в процессе намотки слегка промазывать лаком Бт-99. Если микалента свежая, непересохшая, то промазывать лаком ее слои ие рекомендуется, так как излишек лака затрудняет сушку изоляции.

Каждый оборот микаленты плотно утягивать рукой, а на углах — при помощи куска киперной ленты. Все слои микаленты накладывать строго вполнахлеста и в одном направлении.

При изолировке катушек необходимо применять микаленту различной ширины.

На прямых участках накладывают микаленту шириной 25—35 *мм*, в лобовых частях — не более 18 *мм*, на углах и головках—12—15 *мм*.

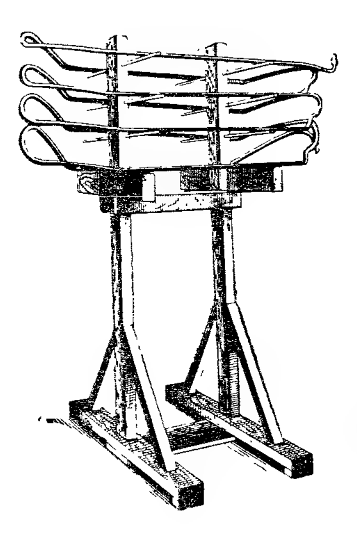


Рис. 28. Станок-этажерка для ручной изолировки витков секций.

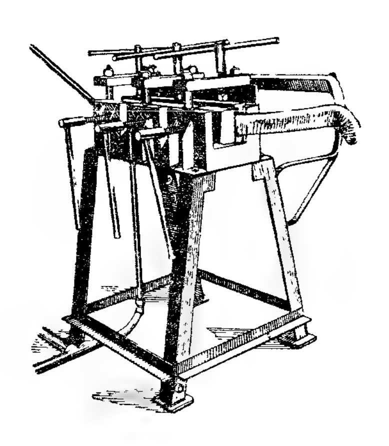


Рис. 29. Паровая пресс-форма для опрессовки секций.

Для лучшей утяжки слоев микаленты и для защиты ее от механических повреждений изолированные катушки покрывают одним слоем временной хлопчатобумажной ленты вполнахлеста.

4. Просушить партию катушек в вакуумном котле по первому режиму (табл. 121).

5. Опрессовать катушки в нагретой до температуры 140÷160° пресс-форме так, как описывалось выше. В запрессованном состоянии каждую катушку выдерживают 45—60 мин., после чего охлаждают до температуры окружающего воздуха.

6. Опытным путем окончательно установить количество слоев микаленты, которая должна быть уложена на катушку. Второй раз изолировать катушки и сушить их в вакуумном котле по второму режиму (табл. 121).

Таблица 121

Режимы вакуумной сушки микалентной изоляции электрических машин с рабочим напряжением до 6 *кв*

Наименование операций	Количество часов
Первый режим сушки	
Загрузка катушек (стержней) в котел . . .	0,5
Сушка стержней при атмосферном давлении, при постепенном подъеме температуры (10÷15° в час) до 100°	7,0
Сушка катушек (стержней) при вакууме 600—650 *мм* рт. ст. (вакуум создавать постепенно, в течение 10—15 мин.) и температуре 150÷155° (рост температуры 10—15° в час)	17,0
Итого . . .	24,5
Второй режим сушки	
Загрузка катушек (стержней) в котел . . .	0,5
Сушка при атмосферном давлении, при постепенном увеличении температуры до 100° . . .	7,0
Сушка при вакууме 600÷650 *мм* рт. ст. и температуре 150÷155°	29,0
Итого . . .	36,5

Примечания: 1. В процессе сушки изоляции необходимо периодически уменьшать вакуум до нуля, через каждые 1,5—2 часа. Уменьшение и увеличение вакуума производить постепенно — в течение 10—15 мин. Эта операция заметно ускоряет процесс сушки, так как прерывистый вакуум и периодическое охлаждение наружных слоев изоляции способствуют более интенсивному перемещению влаги (растворителя) от внутренних слоев изоляции к наружным — в сторону меньшего давления и низшей температуры.

2. В зависимости от имеющегося оборудования и количества одновременно загруженных в котел изолированных стержней, катушек необходимо уточнить длительность сушки с тем, чтобы нормально высушенная изоляция (на напряжение 3—6 *кв*) имела семикратный запас электрической прочности.

7. Опрессовать катушку в пресс-форме аналогично п. 5.

8. Откалибровать катушки. В местах утолщения изоляцию срезать ножом и зачистить стеклянной шкуркой. В тонких местах наклеить полоски микафолия или микаленты до нужных размеров.

Откалиброванные катушки покрыть одним слоем хлопчатобумажной ленты, пропитанной в лаке № 458, в пазовой части впритык, а в лобовой — вполнахлеста, затем лакировать лаком Бт-99 и сушить на воздухе.

Для горячей подрихтовки катушки покрыть одним слоем временной хлопчатобумажной ленты вполнахлеста, после чего опрессовать аналогично п. 5, но при температуре 95 ÷ 100°.

Готовые катушки испытывают повышенным напряжением переменного тока по нормам, натирают миканитовым мылом (смесь талька с парафином), заворачивают в оберточную бумагу и укладывают на стеллажи или же отправляют на укладку в статор.

Наложение корпусной микалентной изоляции на стержни. До наложения корпусной изоляции на стержни необходимо выполнить следующие подготовительные операции:

1. Очистить плетеные стержни от старой корпусной изоляции, наплывов лака и окислов. Выровнять стержни, исправить изоляцию между отдельными проводниками и проверить их по шаблону.

Стержни, изготовленные из голой меди, обильно покрыть бакелитовым лаком или шеллачным лаком и просушить (если стержни покрывают бакелитовым лаком, то их предварительно сушат при температуре 50 ÷ 60° в течение 3—4 час., при шеллачном лаке ограничиваются воздушной подсушкой в течение 20—30 мин.). После сушки стержни покрыть хлопчатобумажной лентой одним слоем вполнахлеста.

2. Опрессовать стержни в пресс-форме (рис. 29). При покрытии стержней бакелитовым лаком опрессовку продолжать 2,5 час. при температуре 140 ÷ 150°. При шеллачном лаке время на опрессовку стержней при температуре 100 ÷ 120° сокращается до 45—60 мин. В запрессованном состоянии стержни охладить до температуры окружающего воздуха.

3. Испытать изоляцию между отдельными проводниками плетеных стержней напряжением 220 *в*.

4. Залудить концы стержней припоем марки ПОС-40.

После выполнения подготовительных операций на стержни накладывают корпусную микалентную изоляцию. В остальном технологический процесс аналогичен наложению корпусной изоляции на катушки.

Вакуумная сушка и компаундирование микалентной изоляции. По упрощенной технологии, которую применяют некоторые ремонтные предприятия, изолированные микалентой обмотки не компаундируют, а длительно сушат горячим воздухом и неоднократно прессуют в горячих пресс-формах.

В практике ремонта крупных машин напряжением до 6—10 *кв*

переизолировка обмоток микалентой с применением только воздушной сушки и горячей опрессовки малоэффективна. Поэтому автором разработана и внедрена в производство технология вакуумной сушки микалентной изоляции статорных обмоток в сочетании с горячей опрессовкой (табл. 121).

Для вакуумной сушки изоляции пригоден стальной, герметически закрывающийся котел, вмещающий партию в 15—20 катушек

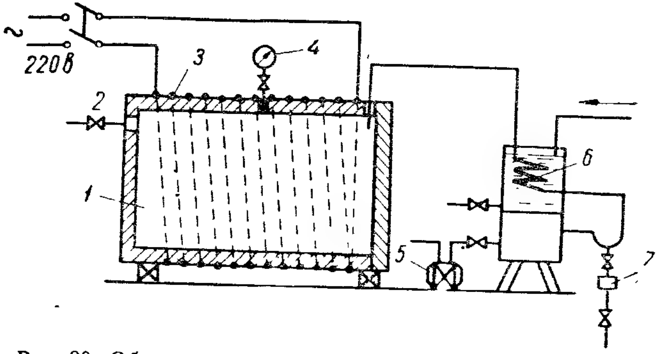


Рис. 30. Общая схема установки для вакуумной сушки обмоток электрических машин:

1 — герметически закрывающийся стальной котел; 2 — кран для срыва вакуума: 3 — намагничивающая обмотка; 4 — вакуумметр; 5 — вакуум-насос с электроприводом; 6 — змеевик холодильника; 7 — конденсатный горшок.

или стержней. Нагревание такого котла до температуры 150÷155° удобно производить индукционным способом, потерями в стали. Котел необходимо утеплить асбеститом, стекловатой и т. п. Вакуум в котле рекомендуется поддерживать высокопроизводительным вакуум-насосом, роторно-лопастного типа, например РМК-2. Общая схема установки изображена на рис. 30.

На электромашиностроительных заводах статорные обмотки с микалентной изоляцией обязательно компаундируют. В качестве пропиточного и цементирующего состава применяют ухтинский или краснодарский битумы с температурой размягчения 105±5° (по ГОСТ 2400—51). Температуру при всех режимах компаундирования (табл. 122) поддерживают: в смесительных котлах 155÷165° и в рабочих котлах от 140 до 155°.

Укладка статорных обмоток корзиночного типа. До начала укладки обмотки необходимо выполнить подготовительные операции: заготовить все изоляционные и вспомогательные материалы, предварительно пропитать в лаке № 458 хлопчатобумажные ленты, шпагат и электрокартонные полоски. Желательно промерить все пазы статора и отметить их плюсовый или минусовый допуск по ширине. Необходимо также продуть статор сжатым воздухом.

В соответствии с монтажной схемой обмотки отмечают пазы для

Таблица 122

Режимы компаундирования микалентной изоляции статорных обмоток

Наименование операций	Длительность (в час.)
Первый режим компаундирования	
Загрузка катушек (стержней) в котел	0,5
Сушка при атмосферном давлении	2,5
Сушка при вакууме не менее 740 *мм* рт. ст.	3,0
Перегонка массы из смесительного котла в рабочий котел	1,0-3,0
Пропитка и опрессовка под давлением 7 *кГ/см²*	3,0
Перегонка массы из рабочего котла в смесительный котел	1,0
Выгрузка катушек (стержней) из котла	0,5
Итого	11,5-13,5
Второй режим компаундирования	
Загрузка катушек (стержней)	0,5
Сушка при атмосферном давлении	7,0
Первая сушка при вакууме не менее 740 *мм* рт. ст.	6,0
Вентиляция котла (вакуум уменьшать постепенно, в течение 10—15 мин.)	2,0
Вторая сушка при вакууме не менее 740 *мм* рт. ст.	7,0
Перегонка массы из смесительного котла в рабочий котел	1,0-3,0
Пропитка и опрессовка под давлением 7 *кГ/см²*	7,0
Перегонка массы из смесительного котла в рабочий	1,0
Выгрузка катушек (стержней) из котла	0,5
Итого	32,0-34,0

Примечание. В зависимости от рабочего напряжения обмотки главную изоляцию стержней (секций) компаундируют по второму режиму: один раз при напряжении до 3600 *в*; два раза — от 3600 до 10 500 *в*; три раза — от 10 500 до 15 700*в*.

выводных стержней и термометров сопротивления, если они предусмотрены.

На дно отмеченных пазов, а также между стержнями (по мере их укладки) вставляют термометры сопротивления, заранее соединенные с монтажными проводами, проложенными от клеммной доски. Места соединений пропаивают припоем марки ПОС-61 и изолируют двумя слоями лакотканевой ленты вполнахлеста.

К лобовым частям катушек (стержней) прикрепляют шпагатными бандажами дистанционные распорки, толщину которых выбирают по табл. 16 и уточняют по месту. С обоих концов катушек (стержней) отмечают мелом начало активной стали статора, после чего их нагревают до температуры 70÷80° перед укладкой в пазы. В холодном состоянии микалентная изоляция очень хрупкая и ломается, а нагретая становится эластичной и поддается формовке.

Катушки (стержни) лучше нагревать постоянным током, равным 1,5—2-кратной величине номинального, можно также и переменным током от нагрузочных трансформаторов.

Чтобы получить переменный ток значительной величины — 1,5—2 тыс. *а* (при укладке обмоток крупных машин), рекомендуется на статор переизолируемой машины намотать намагничивающую первичную и вторичную обмотки и использовать его как нагрузочный трансформатор (расчет намагничивающей обмотки см. § 33).

Укладку стержневых корзиночных обмоток выполняют без больших затруднений. Правильно изготовленные стержни укладываются в пазы плотно (зазор на укладку 0,2 *мм*), без особых усилий, вначале легкими ударами молотка через подкладочную подушку, набранную из картона, затем через осадочную доску или же при помощи струбцин.

Чтобы облегчить укладку стержней или катушек, их пазовую часть натирают миканитовым мылом.

Порядок укладки катушек в общем виде такой. Вначале укладывают (осаживают) в пазы статора правые стороны так называемых замковых катушек первого шага (если смотреть со стороны выводов машины). Левые стороны этих катушек в пазы не осаживают. Остальные катушки, за исключением катушек последнего шага, укладывают в пазы полностью, при этом лобовые части закрепляют шпагатными бандажами, а пазы заклинивают деревянными текстолитовыми или гетинаксовыми клиньями. Комплект клиньев изготовляют строго по размеру паза с соблюдением следующих допусков по высоте:

Номинальная высота клина, *мм*	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0
Допуск на высоту готового клина, *мм*	± 0,3	± 0,3	± 0,3	+0,3 —0,5	+0,3 —0,5	+0,3 —0,5

Для укладки катушек последнего шага необходимо поднять и укрепить на весу все левые стороны замковых катушек первого

шага. Эта операция связана с большими трудностями. Чтобы избежать повреждения изоляции, все замковые катушки снова поочередно нагревают, после чего их левые стороны осторожно отгибают внутрь статора и закрепляют в отдельности каждую сторону шпагатом.

Затем поочередно подогревают катушки последнего шага, правые стороны которых должны быть уложены на дно пазов (под низ левых сторон замковых катушек) и укладывают на свое место. Снова нагревают замковые катушки и осторожно опускают и укладывают их левые стороны в пазы, после чего заклинивают постоянными клиньями и закрепляют шпагатными бандажами.

Дальше паяют внутримашинные соединения припоем марки ПОС-40 или же меднофосфорным припоем без флюса, в зависимости от размеров медн. Массивные головки стержней предварительно прогревают током от сварочного трансформатора при помощи клещей с графитовыми электродами, после чего головки заливают расплавленным припоем марки ПОС-40. Для предотвращения утечки припоя нижнюю часть головки заматывают асбестовой бумагой и киперной лентой.

Окончательно облуживают головки и снимают наплывы припоя электрическим паяльником.

После пайки все соединения изолируют, обмотку статора покрывают 3—4 раза (с интервалами для подсушки) маслостойкой эмалью № 1495 или КВД и покровным лаком Бт-99.

В процессе укладки статорных обмоток все пооперационные испытания электрической прочности изоляции проводят по нормам (см. § 22, 23).

§ 30. ПЕРЕИЗОЛИРОВКА СТАТОРНЫХ ОБМОТОК МИКАФОЛИЕМ

Большинство крупных машин с микафолиевой (гильзовой) изоляцией и открытым пазом удается в процессе ремонта переизолировать микалентой. Тем не менее встречаются и такие машины, где размеры паза не позволяют применить микалентную изоляцию (микалентная изоляция, изготовленная на такое же рабочее напряжение имеет бо́льшую толщину, чем микафолиевая). В таких случаях рекомендуется восстанавливать изоляцию машин в прежнем исполнении, то есть применять гильзовую составную изоляцию.

Ниже дается основной состав технологических операций по переизолировке машин напряжением до 6 *кв* микафолием, причем операции обычно выполняющиеся до наложения корпусной изоляции (§ 30) здесь не рассматриваются.

Переизолировка микафолием статорных обмоток электрических машин напряжением до 6 *кв*. При переизолировке микафолием статорных шаблонных обмоток вначале выполняют подготовительные работы (§ 29) и нарезают по шаблону заготовки из микафолия и электрокартона. Ширина шаблона равна длине прямой части катушки (стержня). Длину шаблона определяют по числу оборотов ми-

кафолия, которое необходимо сделать, чтобы стенки гильзы были заданных размеров.

Дальше изолируют выводные концы, головки и лобовые части катушек. Слои микаленты (лакоткани) выпускают на прямую часть катушки уступами по 10 *мм*, в виде обратного конуса по отношению к гильзе (см. рис. 8).

Затем накладывают микафолий на прямую часть катушки, применяя обкатку или ручную обутюжку. Если обкаточных станков нет, то изолировочные работы выполняют в следующей последовательности.

Прямую часть катушки покрывают густым шеллаком и располагают ее широкой стороной на плите. На широкую часть катушки накладывают микафолиевую заготовку и проглаживают ее горячим утюгом. Поворачивают катушку на 90° и поступают так же до полной обмотки ее микафолием.

При толщине стенки гильзы свыше 3 *мм* микафолий накладывают на прямую часть катушки в два приема по 50% (с промежуточной обкаткой и опрессовкой).

Прямую часть изолированной катушки покрывают одним-двумя слоями (на шеллаке) электрокартона или кабельной бумаги толщиной 0,1—0,15 *мм*; каждый слой проглаживают горячим утюгом и дополнительно обворачивают кабельной бумагой толщиной 0,12 *мм* двумя слоями (без подмазки лаком). После этой операции катушки прессуют в горячей пресс-форме при температуре 110÷120° в течение 1,5—2 час.

В запрессованном состоянии катушку охлаждают до температуры окружающего воздуха.

Окончательно изолируют лобовые части и уголки катушки одним слоем лакоткани и одним слоем тафтяной ленты. Готовую катушку испытывают повышенным напряжением по нормам.

При наличии обкаточных станков прямую часть катушек изолируют несколько отличающимся способом:

на горячей плите (80÷100°) нагревают микафолий и накладывают его на прямую часть катушки до нужной толщины. Последние слои изоляции покрывают двумя слоями электрокартона толщиной 0,1—0,15 *мм* на шеллаке и кабельной бумагой (без подмазки лаком) в два-три слоя; изолированную прямую часть катушки уплотняют в течение 45—60 мин. на обкаточном станке при температуре плит (утюгов) 180÷200°. При тонких гильзах время обкатки можно сократить до 5—8 мин.

После обкатки горячую гильзу катушки прессуют в холодной пресс-форме — для обмоток напряжением 3 *кв* и в горячей пресс-форме (как описано выше) — для обмоток напряжением 6 *кв*.

Обмотки высоковольтных электродвигателей, намотанные впротяжку, изолируют в закрытом пазу микафолиевой гильзой, а в лобовых частях — лакотканями. Порядок работ по перемотке этих машин в основном сохраняется таким же как и для электродвигателей напряжением до 500 *в* (§ 28), если не считать изготовления микафолиевых гильз.

Наиболее трудоемкой работой при ремонте высоковольтных машин с обмотками, выполненными впротяжку, является изготовление микафолиевых гильз.

Микафолиевые гильзы изготовляют так. По размерам паза, с учетом толщины стенки микафолиевой гильзы, изготовляют стальной дорн в виде двух встречных клиньев (см. рис. 20). На горячей плите (80÷100°) подогретый дорн плотно обворачивают парафинированной бумагой в 1—2 слоя. Так же плотно дорн обворачивают подогретым микафолием в несколько оборотов до нужной толщины гильзы. Поверх гильзы накладывают в 1—2 слоя электрокартон (кабельная бумага) толщиной 0,2—0,15 *мм* с промазкой каждого слоя шеллаком. Дорн с изоляцией туго стягивают одним слоем киперной ленты вполнахлеста и кладут в печь для запечки микафолия при температуре 150÷180°. Гильзу запекают в течение 30—40 мин., после чего ее прессуют в горячей пресс-форме (при температуре 100÷120° в течение 1,5—2 час.— для обмоток напряжением 6 *кв* и в холодной пресс-форме — для обмоток напряжением до 3 *кв*).

При наличии обкаточных станков гильзу вместе с дорном после запечки обкатывают в течение 10—20 мин.

§ 31. ПЕРЕИЗОЛИРОВКА РОТОРНЫХ ОБМОТОК ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ (БЕЗ СЕДЕЛ В ЛОБОВЫХ ЧАСТЯХ)

Переизолировка роторных обмоток турбогенераторов, как правило, выполняют по технологии, применяемой на электромашиностроительных заводах.

По несколько упрощенному технологическому процессу переизолировку роторных обмоток рекомендуется выполнять в такой последовательности *.

Отжиг и рихтовка роторных катушек. 1. Отжечь обмотку ротора при температуре 500÷600° в течение 3—5 мин. для очистки от старой изоляции и устранения жесткости меди.

Обмотку отжигают постоянным или переменным током или же в термической печи, желательно по безокислительному процессу.

При отжиге обмоток ротора током места паек обмотки необходимо шунтировать во избежание их расплавления. Плотность тока в обмотке должна быть 8—10 *а/мм*². Не следует затягивать время отжига, так как при этом увеличивается слой окалины и уменьшается сечение провода на 5—8 %.

2. Очистить витки катушек до металлического блеска механическим путем. Лучше эту операцию дополнить травлением меди в течение 5—10 мин. в ванне с подогретым до 40° водным раствором серной кислоты (плотность раствора около 5° по Боме) при обязательной промывке в горячей проточной воде.

---

* Предполагается, что роторные бандажи сняты, клинья из пазов выбиты и катушки из ротора вынуты.

3. Проверить места паек меди и, если необходимо, переклепать и запаять их припоем марки ПСр45 и зачистить заусенцы.

4. Отрихтовать роторные катушки на рихтовочном столе с помощью струбцин.

Изготовление роторных гильз. 1. Проверить по сертификату завода-изготовителя и наружным осмотром партию формовочного миканита ФМI или ФФI (толщина 0,40—0,5 *мм*), предназначенного для изготовления комплекта гильз. Желательно испытать выборочно электрическую прочность миканита в электролаборатории. Рассортировать миканит по толщине. Заготовки миканита для каждой гильзы подбирают одинаковой толщины, в пределах стандартных допусков.

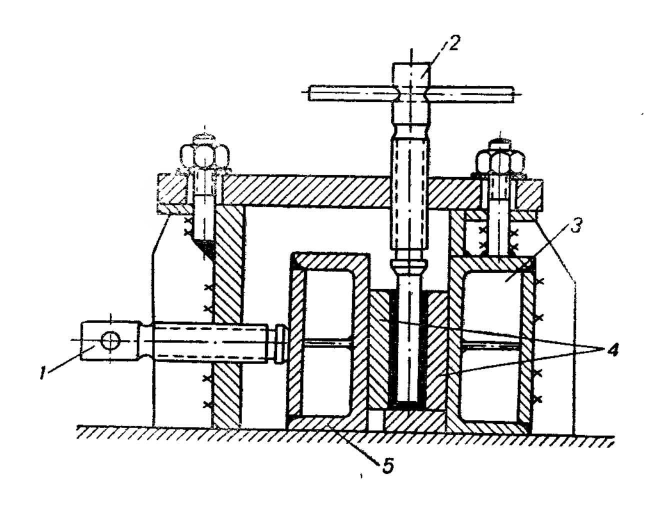


Рис. 31. Паровая пресс-форма для опрессовки роторных гильз:

1 — болт бокового давления; *2* — болт верхнего давления; *3* — неподвижная паровая камера; *4* — пресс-планки; *5* — подвижная паровая камера.

2. По шаблону длиной, равной большему размеру листа миканита, но не менее 500 *мм*, и шириной, равной развертке гильзы плюс припуск 15—20 *мм* на обрезку после опрессовки, раскроить и нарезать заготовки миканита на рычажных ножницах. Концевые заготовки нарезают длиннее расчетных на 10—15 *мм* для обрезки после опрессовки. Количество заготовок и слоев миканита на одну гильзу определяют исходя из ее расчетных размеров. Обычно толщину стенки гильзы принимают: 1—1,5 *мм* — для армированной жестью гильзы и до 2,25 *мм* — для гильзы неармированной (состоя-

щей из миканита толщиной 0,5 *мм*, асбестовой бумаги — 0,25 *мм* и асбестового полотна — 1,5 *мм*).

3. По размерам развертки гильзы, с припуском на обрезку, нарезать полосы из кабельной бумаги. Часть полос пропитать в чистом трансформаторном масле.

4. На промасленные полосы (2—3 шт., сложенные вместе) из кабельной бумаги уложить в один составной лист миканитовые заго-

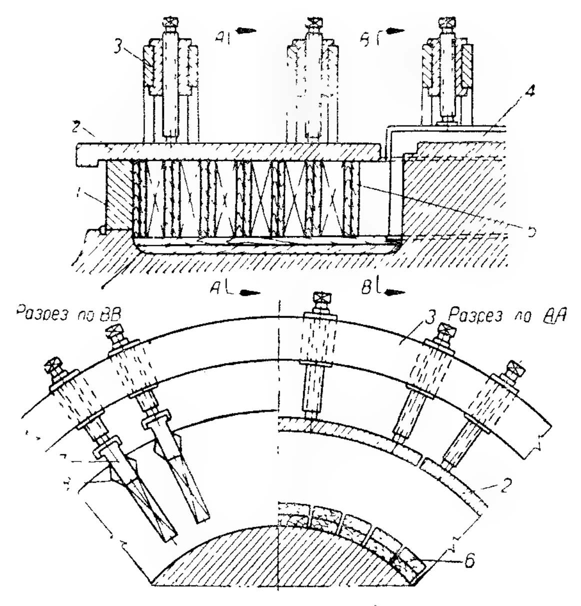


Рис. 32. Прессующие приспособления для опрессовки роторных обмоток:

1 — временное центрирующее кольцо; *2* — опрессовочные стальные сегменты; *3* — пресс-кольцо; *4* — роторная гильза; *5* — временные деревянные клинья; *6* — нижняя деревянная опалубка; *7* — пресс-планки; *8* — проставки.

товки первого слоя встык и покрыть их сверху 40%-ным шеллачным лаком. На первый слой наложить второй слой заготовок и т. д., при этом места стыковых швов необходимо сдвигать по длине гильзы не менее чем на 50 *мм* по отношению к швам предыдущего слоя.

Последний слой заготовок покрыть полосой из кабельной бумаги на шеллаке и двумя полосами промасленной бумаги. В таком виде сложенные заготовки перенести на горячую (90÷95°) плиту, разогреть их до размягчения миканита и формовать в виде П-образной гильзы (вручную, на деревянной оправке, изготовленной по размерам изолированной катушки ротора).

5. Предварительно отформованную гильзу вместе с деревянной оправкой вставить в горячую (110—115°) пресс-форму (рис. 31) и слегка зажать по широкой стороне, выдержать ее в течение 10—15 мин., после чего предварительно опрессовать. Охладить пресс-форму до температуры окружающего воздуха и вынуть из нее гильзу. Края гильзы обрезать до нужных размеров и оклеить хлопчатобумажной лентой.

6. На деревянной оправке методом штамповки загнуть жестяные обоймы по размерам гильзы из жести 0,25—0,30 *мм*.

7. Покрыть шеллаком наружную поверхность гильзы и вставить ее в жестяную обойму.

8. Надеть собранную гильзу на металлическую оправку, изготовленную по размерам изолированной катушки ротора. Как и в первом случае, между гильзой и оправкой проложить промасленную кабельную бумагу. Сверх жестяной обоймы на гильзу наложить две полосы промасленной бумаги, в таком виде гильзу вместе с оправкой вставить в горячую (125÷130°) пресс-форму и равномерно прессовать по широкой ее стороне, затем по узкой, от середины пресс-формы в обе стороны в несколько заходов.

В запрессованном состоянии гильзу запекать в течение 2—3 час., после охладить до температуры окружающего воздуха и вынуть из пресс-формы. Очистить гильзу от промасленной бумаги, наплывов лака и проверить ее размеры. У нормально изготовленной гильзы наружный размер по ширине должен быть с минусовым допуском 0,2—0,3 *мм*. Описанным способом изготовить полный комплект гильз на весь ротор турбогенератора с некоторым запасом (2—3%). Все пооперационные испытания повышенным напряжением производить по нормам (§ 24).

Изолировка витков. 1. Подвесить роторную катушку на столе-этажерке. Отделить витки и протереть их салфеткой, смоченной в бензине. Изолировать витки светлой микалентой ЛМС-I толщиной 0,1—0,13 *мм* или липкой стеклолентой толщиной 0,10 *мм*. Накладывать микаленту строго вполнахлеста, подмазывая медь клеящим лаком. Изолировку нужно начинать с нижнего витка. Выводные концы дополнительно изолировать гибким миканитом по чертежу. Произвести обтяжку витковой изоляции киперной лентой вполнахлеста.

2. Изолированные витки покрыть со всех сторон тонким слоем 30%-ного шеллачного лака и просушить на воздухе. Покрыть витки тальком и сложить их вместе. Завернуть катушку одним-двумя слоями кабельной бумаги и скрепить вразбежку киперной лентой.

3. Изолировать токоподводы (вполнахлеста): микалентой ЛМСI или стеклолентой пятью слоями, лакотканевой лентой ЛХI двумя слоями и асбестовой нежелезистой лентой двумя слоями. Каждый слой изоляции покрыт лаком Гф-95. Высушить токоподводы в течение 24 час. при температуре 110÷120° и испытать их электрическую прочность.

Укладка обмотки в пазы ротора. 1. Очистить ротор от старой изоляции и грязи, продуть сжатым воздухом, покрыть ротор лаком Бт-99 из пульверизатора и дать лаковой пленке подсохнуть.

2. Уложить токоподводы в пазы и заклинить их постоянными клиньями. Испытать изоляцию токоподводов повышенным напряжением.

3. Установить нижнюю деревянную опалубку арочного типа, проверить размеры опалубки в сборе (рис. 32). Покрыть опалубку (снаружи по образующей) пропитанным в парафине электрокартоном толщиной 0,5—1 *мм*. Закрепить электрокартон киперной лентой и уложить на опалубку полоски из электрокартона, под манжеты (на 1 *мм* выше дна паза).

4. Подвесить первую роторную катушку иа столе-этажерке. Продуть сжатым воздухом ротор.

Для первой катушки заполнить пазы в клиновой части деревянными проставками (рис. 32, *8*) заподлицо по высоте паза.

Уложить в пазы концевые манжеты и миканитовые гильзы первой катушки и осадить их при помощи текстолитовой или фибровой осадочной доски, изготовленной по размерам гильзы. На дно гильзы положить микаиитовую полоску толщиной 0,5 *мм*.

5. Опустить иа дно гильзы первые полвитка катушки и установить вылеты катушки симметрично бочке ротора. Приклепать и припаять припоем марки ПСр45 конец первой катушки к токоподводу, место соединения заизолировать. Опустить вторую половину витка катушки, проверить вылеты и плотно осадить виток на дно паза.

6. Опустить с этажерки второй виток, а затем и все последующие, плотно осаживая каждый виток как в пазовой, так и в лобовой части. Положить на последний верхний виток полоску из миканита толщиной 0,5 *мм* и две полоски парафинированного электрокартона.

7. Заклинить первую катушку в пазовой части встречными деревянными клиньями.

8. Испытать изоляцию катушки повышенным напряжением переменного тока по отношению к корпусу.

9. Подвесить на этажерку вторую катушку и уложить ее в пазы аналогично первой катушке и т. д. Междукатушечные соединения паять припоем ПСр45 по мере укладки обмотки.

10. Повериуть ротор на 180° вокруг оси и уложить также катушки второго полюса.

Первая опрессовка обмотки. 1. Накинуть на концы вала ротора пресс-кольца (рис. 32) и разметить места установки пресс-колец по длине ротора. Пресс-кольца устанавливать по длине бочки ротора на расстоянии 300—400 *мм* друг от друга, а крайние — на расстоянии 100—150 *мм* от торца бочки ротора.

2. Освободить пазы от временных клиньев и установить пресс-планки (узкой стороной в паз), слегка поджимая их болтами пресс-колец.

3. Насадить временные центрнрующие кольца на посадочные места звездочки вала ротора. Перед иасадкой кольца подогреть до температуры 200°.

4. Заклинить лобовые части обмотки ротора временными деревянными клиньями. Наложить вымостку из электрокартона толщи-

ной 2 *мм* на лобовые части подмотки под сегмент брони и закрепить ее киперной лентой.

5. Установить сегменты брони и пресс-кольца на лобовые части обмотки и слегка поджать болты пресс-колец.

6. Утеплить ротор чистым брезентом и нагреть его током до температуры 90÷100°, измеренной на бочке ротора, и 125°, измеренной в лобовых частях обмотки. Температуру контролировать по термометрам, а также методом сопротивления.

Ротор необходимо нагревать равномерно в течение 6—10 час., увеличивая ток ступенями (начиная с 25—30%) до 80% от номинального тока.

7. По достижении заданной температуры плавно снять напряжение и опрессовать обмотку ротора. Сначала прессовать пазовую часть до полной осадки катушек, от середины бочки ротора в обе стороны. Затем прессовать лобовые части обмотки до полной осадки сегментов брони на временное центрирующее кольцо. Осадку брони контролировать по уровню. Глубину осадки пресс-планок в пазах контролировать по заранее изготовленному шаблону. Во время опрессовки обмотки ротора поддерживать заданную температуру периодическим включением тока. Максимальный перепад температуры между бочкой и обмоткой ротора должен быть не более 25°.

8. Охладить ротор до температуры окружающего воздуха и снять прессующие приспособления с лобовых частей обмотки ротора. Не снимая прессующих приспособлений с бочки ротора, испытать обмотку повышенным напряжением переменного тока на корпус и на витковое замыкание, затем снять прессующие приспособления с ротора, за исключением центрирующих колец.

Загибание гильз роторного паза. 1. Разметить выступающие над бочкой ротора стороны миканитовых гильз и обрезать их так, чтобы можно было полностью перекрыть верхний виток катушки (двумя сторонами внахлестку).

2. Проверить, стоят ли на месте деревянные проставки в клиновой части паза, после чего завести в паз и расположить узкой стороной над катушкой ротора стальную полосу (толщиной 3—4 *мм*, шириной, равной ширине паза, и длиной, равной длине большой катушки плюс 200 *мм*), и плотно прижать ее вместе с загибаемой стороной гильзы к стенке паза встречными деревянными клиньями. В таком положении полосу нагреть током до кипения шеллака. Верхний виток катушки в пазовой части покрыть 30%-ным шеллачным лаком. Нагретую полосу быстро поместить между стенкой паза и выступающей стороной гильзы, а затем отогнуть ее к верхнему витку катушки. Заклинить встречными клиньями полосу вместе с отогнутой стороной гильзы и охладить сжатым воздухом. Таким же образом загнуть и все остальные гильзы.

Вторая опрессовка. 1. Надеть прессующие приспособления на пазовую и лобовую части ротора. Положить под пресс-планки по длине и ширине гильзы прокладки из электрокартона толщиной 2 *мм*. Пресс-планки ставить в паз широкой стороной к обмотке. Нагреть и опрессовать обмотку ротора так же, как и при первой опрессовке.

2. Испытать электрическую прочность изоляции ротора повышенным напряжением по нормам от корпуса и между витками (аппаратом типа ИВЗ-1.).

Заклиновка пазов и лобовых частей обмотки ротора. 1. Уложить упаковочный материал (багаж) под пазовые клинья и заклинить пазы ротора постоянными клиньями, натертыми парафином. После заклиновки пазов роторную обмотку испытать по нормам.

2. Нагреть автогенными горелками временные центрирующие кольца и снять их с посадочных мест.

3. Выбить все временные деревянные клинья и нижнюю опалубку в лобовых частях обмотки ротора.

4. Зачистить на конус выступающую из пазов подклиновую вымостку (багаж). Покрыть катушки при выходе из паза одним-двумя слоями вполнахлеста асбестовой нежелезистой лентой толщиной 0,3—0,5 *мм* на серой эмали СВД или № 1495. Покрыть серой эмалью СВД или № 1495 лобовые части катушек ротора.

5. Насадить временные центрирующие кольца на посадочные места вала ротора.

6. Заклинить лобовые части постоянными клиньями.

7. Второй раз покрыть серой эмалью СВД или № 1495 лобовые части обмотки.

Третья опрессовка. 1. Нагреть и окончательно опрессовать лобовые части обмотки ротора в таком же порядке, как и при первой опрессовке, но до полной осадки сегментов брони на центрирующие кольца и на бочку ротора.

2. Нагреть обмотку ротора для запечки изоляции до температуры 135 ÷140° и поддерживать ее в течение 48 час. Через каждые 2 часа поворачивать ротор на 180° и измерять сопротивление изоляции мегомметром на 500—1000 *в*, полученные данные заносить в журнал.

3. Полностью охладить ротор, снять с него прессующие приспособления и испытать повышенным напряжением.

4. Заготовить подбандажную изоляцию из формовочного миканита марки ФМ-1 толщиной 0,5—0,8 *мм* в виде листов (сегментов), отформованных по внутренней поверхности бандажа, и уложить их на лобовые части до нужной толщины.

Собрать прессующие приспособления на лобовых частях ротора и нагреть его до температуры 90÷95°. Опрессовать подбандажную изоляцию и после подгонки изоляции по шаблону надеть роторные бандажи.

5. Испытать ротор повышенным напряжением.

§ 32. ПЕРЕИЗОЛИРОВКА ОБМОТОК РОТОРОВ С ЯВНО ВЫРАЖЕННЫМИ ПОЛЮСАМИ

Катушки роторов средних и крупных синхронных машин с явно выраженными полюсами наматываются преимущественно голым медным проводом прямоугольного сечения.

В процессе ремонта провод таких катушек используется повторно, в связи с чем отпадает целый ряд трудоемких заготовительных

операций по намотке витков, по калибровке катушек и т. д. Ремонтные работы, по существу, сводятся к замене витковой и корпусной изоляции полюсных катушек, их опрессовке и запечке.

Приступая к ремонту обмотки ротора с явно выраженными полюсами, прежде всего, необходимо замаркировать полюсные катушки и другие съемные детали, ознакомиться с конструкцией ротора. Дальше следует распаять междукатушечные соединения и демонтировать дефектные полюса с обода ротора; снять поврежденные катушки с полюсных сердечников; отделить витки катушки фибровым ножом или при помощи деревянных клиньев и подвесить их на стойках; очистить витки от старой изоляции, наплывов лака и заусенцев; протереть их салфеткой, смоченной в авиационном бензине; заготовить витковую изоляцию (по контуру витков) в виде полосок из асбестовой бумаги необходимой толщины и ширины.

Все витки полюсной катушки с одной стороны покрыть клеящим лаком (шеллачным, глифталевым или термореактивным № 88). Дать лаковой пленке немного подсохнуть, после чего приклеить к виткам с одной стороны заготовленные полоски из асбестовой бумаги. Обрезать ножом выступающие края полосок точно по контуру витков и покрыть их лаком. Также наклеить асбестовые полоски и с другой стороны витков. Выровнять толщину междувитковой изоляции на уголках полосками из асбестовой бумаги. Таким путем переизолировать все витки полюсных катушек.

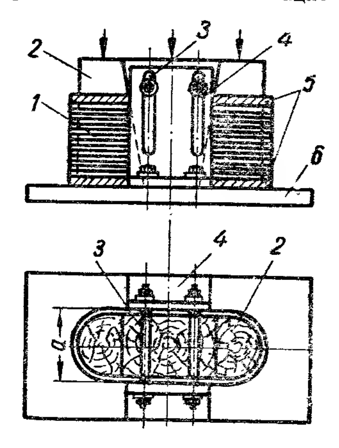


Рис. 33. Приспособление для опрессовки катушек роторов с явно выраженными полюсами:

1 — катушка; *2* — деревянные распорки (клинья); *3* — стяжные болты; *4* — боковые угольники—щеки; *5* — стальные контрольные шайбы; *6* — основание пресс-формы.

Не собирая вместе витки, подсушить катушки на воздухе в течение 24 час., после чего собрать витки и подготовить катушки для опрессовки и запечки постоянным током.

Установить катушку на плите приспособления (рис. 33), внутрь катушки вставить деревянные распорки и надежно их заклинить.

Процесс запечки полюсных катушек током вести при температуре 160 ÷ 180°. Скорость увеличения температуры 3 ÷ 5° в 1 мин; плотность тока в катушках допускается 3—5 *а/мм*².

При достижении температуры запечки на катушку создать давление (для малых катушек с сечением провода до 150 *мм*² —

50—75 *кГ/см²*, для крупных катушек с сечением провода более 300 *мм²* — 150 *кГ/см²*.

Окончание процесса запечки катушки определить по состоянию клеящего вещества. Обычно запечка и опрессовка одной катушки средних размеров длится около часа.

Запеченную катушку очистить от наплывов лака, волокон асбеста и лакировать покровным лаком. Так же переизолировать и все остальные катушки.

Переизолировку полюсных сердечников производят так: промывают бензином и протирают салфеткой полюсные сердечники, затем покрывают их клеящим лаком; нарезают заготовки из пропитанной асбестовой бумаги, микафолия и бязи; на полюсные сердечники приутюживают 3—5 слоев асбестовой пропитанной бумаги, 5—7 слоев микафолия.

Чтобы предохранить от выветривания, верхнюю кромку изоляции полюсных сердечников необходимо оклеить полоской из бязи и приутюжить.

Готовые катушки надевают на сердечники полюсов, соблюдая меры предосторожности. Вначале на сердечник надевают нижнюю гетинаксовую или фанерную (дельта-фанера) шайбу, затем катушку и, наконец, верхнюю шайбу. В собранном виде полюс испытывают по нормам (§ 24).

Собранные полюсы устанавливают на ободе ротора. Дальше соединяют и паяют припоем марки ПОС-40 междукатушечные соединения и токоподводы, которые затем изолируют. Собранный ротор покрывают два раза серой эмалью № 1495 и лаком Бт-99, дают лаковой пленке высохнуть, после чего ротор испытывают повышенным напряжением.

§ 33. СУШКА УВЛАЖНЕННОЙ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Наиболее подвержены вредному воздействию влаги электрические машины с изоляцией класса А, ввиду большой ее гигроскопичности. Машины с изоляцией класса В более влагостойки. Увлажнение и некоторое снижение электрической прочности изоляции класса В объясняется в основном тем, что вместе со слюдяными материалами в этих машинах применяются также и хлопчатобумажные волокнистые материалы (изоляция головок, уголков, лобовых частей обмоток, витковая изоляция).

Согласно действующим инструкциям о степени увлажненности изоляции машин принято судить по величинам сопротивления изоляции (относительно корпуса и между обмотками) и коэффициентов абсорбции.

Определение коэффициентов абсорбции обязательно только для машин напряжением свыше 2 *кв* и мощностью свыше 1000 *квт*. Величины коэффициентов абсорбции не нормированы.

По ГОСТ 183—55 минимально допустимое сопротивление изоляции (R) обмоток перед включением машины в сеть должно быть

$$R \geqslant \frac{U_{\text{н}}}{1000 + 0{,}01P_{\text{н}}} \textit{ мгом},$$

где $U_{\text{н}}$ — номинальное напряжение обмотки машины, *в*;

$P_{\text{н}}$ — номинальная мощность машины, *ква*.

При решении вопроса о необходимости сушки изоляции генераторов (компенсаторов) и других высоковольтных машин с компаундированной микалентной изоляцией обмотки статора, а также с опрессованной гильзовой изоляцией (при стержневой обмотке статора), а также при выборе теплового режима сушки следует руководствоваться такими указаниями [14, 23].

1. Вновь устанавливаемые генераторы (синхронные компенсаторы разрешается включать в сеть без сушки при выполнении одного из следующий условий:

а) если коэффициент абсорбции при температуре 15÷30° будет

$$\frac{R_{60}}{R_{15}} \geqslant 1{,}3,$$

где R_{15} и R_{60} — значения сопротивлений изоляции, отсчитанных спустя 15 и 60 сек. после приведения в действие мегомметра;

б) если сопротивление изоляции R_{60}, измеренное при температуре, близкой к рабочей температуре обмотки, составляет не менее 1 *мгом* на 1 *кв* номинального линейного напряжения статора.

В обоих случаях измеряется сопротивление изоляции каждой фазы обмотки статора по отношению к корпусу и соединенным с ним двум другим фазам.

2. Допускается включать в сеть генератор после монтажа без сушки, если сопротивление изоляции ротора при температуре 70÷80° не менее 2000 *ом* *.

3. Синхронные генераторы и компенсаторы после капитального ремонта без смены обмоток необходимо включать в сеть без сушки, за исключением случаев явного попадания воды на обмотки.

4. Вновь устанавливаемые генераторы и синхронные компенсаторы, прошедшие сушку до или во время монтажа, включать в сеть без повторной сушки, за исключением случаев явного попадания воды на обмотки.

5. Генераторы (синхронные компенсаторы), прошедшие капитальный ремонт на месте установки с полной или частичной заменой обмотки, если не выполнены условия п. 1, должны пройти сушку в неподвижном состоянии или в крайнем случае под нагрузкой.

6. Сушка изоляции машин должна производиться при температурах, близких к максимально допустимым, но не ниже 80°.

Максимально допустимая температура при сушке машин не должна превышать:

в статорных обмотках с изоляцией класса А 80÷85°;

в статорных обмотках с изоляцией класса В 90÷95°;

* При этом имеется в виду, что пониженное сопротивление изоляции обусловлено увлажнением ротора.

в роторных обмотках, запеченных с изоляцией класса В, 120°, класса ВС 130°;

в роторных обмотках, незапеченных с изоляцией классов В или А, 100°.

Предельные значения температуры сушки роторных обмоток с изоляцией классов А и В относятся к случаю измерения температуры методом сопротивления; при измерении только методом термометров или термопар измеренная температура не должна превышать 110° для запеченных и 90° для незапеченных обмоток с изоляцией класса В и 90° для обмоток с изоляцией класса А.

Для измерения сопротивления изоляции и определения коэффициентов абсорбции следует применять мегомметры: на 500—1000 *в* для обмоток с изоляцией класса А, а для обмоток с изоляцией класса В на 1000—2500 *в*.

Во время сушки необходимо измерять сопротивление изоляции обмоток и определять коэффициенты абсорбции для каждой обмотки в отдельности при заземленных других обмотках. Полученные данные заносить в журнал сушки. Перед измерением сопротивления изоляции обмотку разряжают на землю не менее 2 мин. (если незадолго производилось измерение сопротивления изоляции или испытание повышенным напряжением).

Сушку машин следует прекращать, если сопротивление изоляции и коэффициенты абсорбции в конце сушки, после подъема кривой, остаются неизменными в течение 3—5 час. при неизменной температуре.

Сушка электрических машин способом индукционных потерь в стали. Электрические машины обычно сушат в неподвижном состоянии одним из следующих способов: индукционными потерями в стали; воздуходувками; переменным или постоянным током 0,5—0,7 $I_н$ (если сопротивление изоляции обмоток не менее 2000 *ом*). В исключительных случаях можно сушить машины под нагрузкой. Сушка машин током короткого замыкания не рекомендуется.

Первый способ сушки машины получил широкое распространение как наиболее простой и экономичный, однако его лучше применять в комбинации со вторым способом, особенно при сушке крупных машин. В этом случае горячий воздух (70 ÷ 80°) подводят от воздуходувок под лобовые части и низ статора.

Для сушки машин индукционными потерями в стали чаще всего намагничивающую обмотку наматывают через расточку статора (см. § 26). При этом, если машину сушат с ротором, то обязательно изолируют от корпуса одну из опор вала (для разрыва короткозамкнутого витка, образованного валом ротора, опорами и фундаментной плитой).

Расчет намагничивающей обмотки и основных данных для сушки.

1. Число витков в намагничивающей обмотке

$$W = \frac{45U \cdot 10^4}{S_{сп} B_м},$$

где U — напряжение переменного тока (подведенное к намагничивающей обмотке), *в*;
$B_м$ — индукция в спинке статора (необходимая для создания соответствующего теплового режима), *гс*;
$S_{см}$ — поперечное сечение спинки статора, *см*^{2}

$$S_{сп} = l_ч h_с ,$$

где $l_ч$ — чистая осевая длина активной стали статора, *см;*
$h_с$ — высота спинки стали статора, *см;*

$$l_ч = k (l_п - n_к b_к),$$

где k — коэффициент заполнения активной стали (для стали лакированной $k = 0{,}93$, для оклеенной бумагой $к = 0{,}9$);
$l_п$ — полная осевая длина активной стали статора с изоляцией и вентиляционными каналами, *см*;
$b_к$ — ширина вентиляционного канала, *см*;
$n_к$ — число вентиляционных каналов.

Высота спинки стали статора, ($h_с$), *см.*

$$h_с = \frac{D_н - D_в}{2} - h_п,$$

где $D_н$ — внешний диаметр активной стали статора, *см*;
$D_в$ — внутренний диаметр активной стали статора, *см*;
$h_п$ — глубина паза, *см.*

2. Ток в намагничивающей обмотке

$$I = \frac{AW}{W} [а],$$

где AW — полное число намагничивающих ампер-витков;

$$AW = \pi D_0 aw_0,$$

где D_0 — диаметр активной стали, соответствующий середине спинки статора, *см;*
aw_0 — удельные ампер-витки (количество ампер-витков на 1 *см*), соответствующие индукции $B_м$.

Значение удельных ампер-витков aw_0 и удельных потерь p_0 в зависимости от индукции для современных статоров приведены ниже:

$B_м$	5000,00	6000,00	7000,00	8000,00	10000,00
aw_0	0,66—0,85	1,00—1,20	1,30—1,45	1,70—2,00	2,15—2,80
p_0, *вт/кг*	0,55	1,72	1,08	1,41	2,20

Для статоров старой конструкции электрических машин мощностью до 10 000 *ква*, выпускавшихся до 1932 г., удельные ампер-витки приблизительно в два раза больше, чем для современных машин.

3. Активная мощность, необходимая для сушки,

$$P = p_0 G \text{ квт},$$

где p_0 — удельные потери в активной стали собранного статора для данной величины индукции, *вт/кг*.

G — вес активной стали (при удельном весе в среднем 7,8 *г/см*³) статора без зубцового слоя, в *т*, определяется по формуле

$$G = 24{,}5 D_0 S_{\text{сп}} 10^{-6}.$$

Аналогично выполнены расчеты основных данных для сушки некоторых отечественных турбогенераторов потерями в стали и сведены в табл. 123.

Сушка электрических машин с изоляцией класса В под нагрузкой. Сушку машин под нагрузкой рекомендуется применять только в исключительных случаях, если другие способы трудно осуществимы и не могут дать должного эффекта.

До сушки машины под нагрузкой обмотку статора, предварительно испытанную повышенным напряжением по нормам, очищают от грязи и пыли; при снятых торцовых щитах к каждой фазе обмотки, при двух других заземленных фазах, подводят напряжение промышленной частоты, равное линейному напряжению машины. Через 30—40 мин. напряжение отключают, измеряют сопротивление изоляции и проверяют на ощупь отсутствие нагрева изоляции лобовых частей. Если они нагреваются, то сушку машины под нагрузкой производить нельзя.

При положительных результатах испытания машину включают в сеть. Ток статора увеличивают до номинального ступенями: 50—65—85—100%; длительность работы на каждой ступени — около 24 час. Рекомендуется периодически отключать машину для измерения сопротивления изоляции обмотки статора. Защиту от замыканий на землю на время сушки устанавливают на отключение.

Температуру холодного воздуха (при замкнутой системе охлаждения) устанавливают возможно более низкой, но не ниже 20÷25° (чтобы не допустить отпотевания воздухоохладителя).

Во время сушки под нагрузкой периодически (один раз в 2—3 часа) открывают дверь в камере горячего воздуха при открытой двери в камере холодного воздуха для того, чтобы удалить водяные пары.

§ 34. РЕМОНТ ТОКОСОБИРАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Токособирательная система электрических машин состоит из деталей, подверженных быстрому износу (коллекторы, контактные кольца, щетки и щеткодержатели). Поэтому даже незначительные дефекты в токособирательной системе через непродолжительное время могут стать причиной полного расстройства коммутации работающей машины.

Самыми распространенными дефектами, вызывающими ненормальный износ коллекторов, контактных колец и щеток, являются: вибрация и искрение щеток вследствие неровности контактных поверхностей и особенно из-за вибрации машин; чрезмерное давление на щетки и несоответствующий выбор их марок.

Общие требования к токособирательной системе. 1. Биение рабочих поверхностей коллектора и контактных колец (по индикатору), а также неровности вдоль коллекторных пластин и по ширине колец не должны превышать 0,05—0,1 *мм.*

Это требование относится к новым кольцам и коллекторам и не связано с оценкой их состояния и эксплуатации.

Местные (сосредоточенные) неровности на рабочей поверхности контактных колец и коллекторов, даже малые по размеру, приводят к полному разрыву щеточного контакта. Иногда значительной величины неровности, но более равномерно распределенные по окружности колец или коллекторов, не вызывают заметного искрения щеток. Поэтому обточку колец и коллекторов необходимо выполнять только в случаях действительной необходимости. Излишняя обточка колец и коллекторов резко сокращает их срок службы.

В зависимости от величины неровностей поверхности коллекторов и контактных колец применяются следующие способы обработки при неровностях до 0,2 *мм* — полировка рабочих поверхностей; до 0,5 *мм* — шлифовка и полировка; свыше 0,5 *мм* — обточка, шлифовка и полировка.

2. Вибрация щеток не должна превышать 0,07—0,09 *мм.*

3. Зазор между щеткой и обоймой (слабина щетки в обойме щеткодержателя) допускается в осевом направлении 0,2—0,5 *мм* и в направлении вращения 0,06—0,35 *мм.*

4. Зазор между щеткодержателем и контактной поверхностью должен быть 2—4 *мм.*

5. Минимальное расстояние между соседними щеткодержателями (по оси щеточных пальцев) допускается 2—3 *мм.*

6. Для равномерного износа рабочих поверхностей коллектора и контактных колец щетки необходимо устанавливать в шахматном порядке с осевым сдвигом, при этом для коллекторов нужно соблюдать попарное осевое смещение разнополярных щеток, чтобы на каждой кольцевой дорожке коллектора было одинаковое количество щеток положительной и отрицательной полярности (щетки положительной полярности вследствие электролиза сильнее изнашивают коллектор).

Чтобы избежать образования кольцевых дорожек на рабочих поверхностях (не перекрытых щетками), щетки, кроме того, нужно устанавливать с небольшим (около 2 *мм*) перекрытием.

Крайние щетки по оси коллектора (кольца) следует размещать с учетом осевой игры вала.

7. Удельное давление на щетку должно соответствовать требованиям ГОСТ 2332—43 (см. табл. 38).

Отклонение величин удельного давления по отдельным щеткам (одного щеточного пальца) допускается ±10%.

Коллекторы. Коллекторные пластины (ламели) изготовляют из полосовой холоднотянутой меди трапецоидального сечения твер-

Основные данные для сушки

Тип генератора	Мощность (в *квт*)	$B_м$ = 10 000 *гс*				$B_м$ =	
		$\frac{U}{W}$ (в *в/виток*)	Полные ампер-витки *AW*	$P_р$ (в *ква*)	P (в *квт*)	$\frac{U}{W}$ (в *в/виток*)	Полные ампер-витки *AW*
Т-265/50	750	19	546	10,0	3,75	13,0	306
Т-285/50	1 000	24	546	13,0	4,65	17,0	306
Т-275/60	1 000	26	629	16,0	5,80	18,0	350
Т-2100/60	1 500	35	629	22,0	7,80	24,0	350
Т-290/70	2 500	38	741	28,0	10,80	26,0	415
Т-290/70	3 000	39	742	29,0	10,50	27,0	415
Т-2110/70	3 000	46	741	34,0	12,40	32,0	415
Т-2120/70	4 000	51	741	38,0	13,50	36,0	415
Т-2140/70	4 000	60	741	44,0	15,80	42,0	415
Т-2140/80	6 000	72	1091	79,0	23,00	50,0	527
Т-2180/80	7 500	92	1091	101,0	29,00	64,0	527
Т-2175/87	10 000	100	1260	120,0	35,00	70,0	605
Т-2210/87	12 000	120	1260	145,0	42,00	84,0	605
Т-2270/98	24 000	170	1372	232,0	67,00	119,0	660
Т-4376/112	44 000	143	1760	252,0	70,00	100,0	850
Т-12-2	12 000	90	1240	112,0	32,20	63,0	590
Т-25-2	25 000	147	1460	214,0	62,00	103,0	700
Т2-05-2	500	13	545	7,0	2,60	9,0	304
Т2-1-2	1 100	19	560	11,0	4,00	13,5	313
Т2А-1,5-2	1 500	25	570	14,0	5,10	17,5	316
Т2-3-2	3 000	37	700	26,0	9,50	26,0	388
Т2-3,5-2	3 500	44	715	31,5	11,40	31,0	400
Т2-6-2	6 000	58	1040	60,0	17,20	40,0	500
Т2-12-2	12 000	88	1150	101,0	29,00	62,0	548
Т2-25-2	25 000	138	1270	175,0	50,00	96,0	607
Т2-50-2	50 000	206	1560	320,0	93,00	145,0	745
Т2-100-2	100 000	410	1650	675,0	196,00	288,0	790

Таблица 123

генераторов потерями в стали

7000 *гс*		$B_М$ = 5000 *гс*							
$P_р$ (в *ква*)	P (в *квт*)	$\frac{U}{W}$ (в *в/виток*)	Полные ампер-витки	$P_р$ (в *ква*)	P (в *квт*)	aw_{10} (при $B_М$ = 10 000 *гс*)	$S_{сп}$ (в *см*²)	D_0 (в *см*)	G (в *т*)
4,0	1,8	9,5	168	1,60	0,94	2,15	845	81	1,67
5,2	2,3	12,0	168	2,00	1,16	2,15	1 095	81	2,17
6,3	2,8	13,0	193	2,50	1,45	2,15	1 160	93	2,64
8,4	3,8	17,5	193	3,38	1,95	2,15	1 558	93	3,54
10,8	5,3	19,0	228	4,30	2,70	2,15	1 721	110	4,62
11,2	5,1	19,0	228	4,30	2,60	2,15	1 740	110	4,75
13,3	6,1	23,0	228	5,30	3,10	2,15	2 095	110	5,62
15,0	6,6	25,5	228	5,80	3,38	2,15	2 282	110	6,13
17,5	7,7	30,0	228	6,90	3,95	2,15	2 680	110	7,20
26,4	11,3	36,0	340	12,20	5,75	2,70	3 249	130	10,34
33,8	14,2	46,0	340	15,70	7,25	2,70	4 161	130	13,30
42,5	17,1	50,0	390	19,50	8,75	2,80	4 485	144	15,85
51,0	20,6	60,0	390	23,40	10,50	2,80	5 392	144	19,10
78,5	32,8	85,0	425	36,20	16,80	2,70	7 640	163	30,50
85,0	34,3	71,0	546	38,80	17,50	2,80	6 440	202	31,90
37,2	15,8	45,0	380	17,10	8,00	2,70	4 050	146	14,60
72,0	30,4	73,0	450	33,00	15,50	2,70	6 610	172	28,20
2,7	1,3	6,5	167	1,10	0,65	2,15	575	81	1,16
4,2	2,0	9,5	173	1,65	1,00	2,15	870	83	1,80
5,5	2,5	12,5	174	2,20	1,30	2,15	1 130	84	2,32
10,1	4,7	18,5	212	3,90	2,40	2,15	1 680	103	4,30
12,4	5,6	22,0	200	4,80	2,80	2,15	1 970	106	5,17
20,0	8,4	29,0	320	9,30	4,30	2,70	2 600	123	7,80
34,0	14,0	44,0	352	15,50	7,20	2,70	3 970	135	13,10
58,0	25,0	69,0	390	27,00	12,50	2,70	6 200	150	22,70
108,0	46,0	103,0	480	49,50	23,00	2,70	9 300	184	42,00
226,0	96,0	205,0	510	104,00	49,00	2,70	18 500	194	89,20

достью не менее 75 *кГ/мм*² (по ГОСТ 3568—47) и повышенной твердости до 95 *кГ/мм*² (по ГОСТ 4134—48).

Нормальные размеры коллекторов следующие: диаметры — 150, 180, 210, 250, 280, 340, 360, 400, 430, 460, 500, 550, 600, 650 и 700 *мм*; рабочая длина — 35, 55, 75, 105, 145, 190, 235 и 280 *мм*.

Для коллекторов диаметром более 700 *мм* устанавливаются только нормальные размеры диаметров: 800, 900, 1000, 1150, 1320, 1450, 1600, 1800, 2000, 2200, 2500, 2800, 3100 и 3400 *мм*.

Величина запаса на износ коллектора в зависимости от диаметра приведена ниже.

Нормальный диаметр коллектора, *мм*	До 100	101—250	251—600	600—1000	Свыше 1000
Величина запаса на износ на одну сторону, *мм* . .	6	8	10	12	15

При капитальном ремонте электрических машин иногда выполняют частичную либо полную замену коллекторных пластин. По объему и характеру работы эти операции почти равноценны. Бо́льший интерес представляет общая технология ремонта коллектора с полной заменой пластин, поэтому ее и приводим.

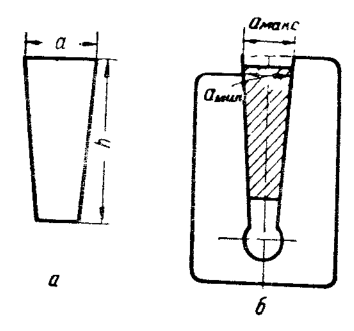


Рис. 34. Коллекторная медь:
а — профиль коллекторной меди (значение размеров *a* и *h* из табл. 124); *б* — калибр для проверки обработанных коллекторных пластин.

До начала основных работ по замене пластин коллектора арочного типа необходимо подобрать коллекторную медь соответствующего профиля (рис. 34, *а*) с углом клина, равным 360°/К (где *К* — число пластин). Если подходящей меди нет, то пластины можно изготовить из обыкновенной медной шины на фрезерном или строгальном станке. Допустимые отклонения для основных размеров обработанных пластин приведены в табл. 124. По размерам пластин из коллекторного миканита заготовить изоляционные прокладки. Для различных коллекторов толщина этих прокладок может быть 0,4—1,2 *мм*.

Основные работы рекомендуется выполнять так.

1. На плите прессующего приспособления (рис. 35) из комплекта пластин и прокладок составить цилиндр. На собранные таким образом пластины и миканитовые прокладки надеть пресс-кольцо и сегменты приспособления, проверить правильность сборки пластин (вертикальность, количество, форму).

Таблица 124

Допустимые отклонения от размеров *a* и *h* (в *мм*) для коллекторной меди (рис. 34, *a*)

Размер *a*	Отклонения по классам точности		Размер *h*	Отклонения
	3 *a*	4		
До 3	-0,04	-0,06	До 18	-0,2
3- 6	-0,05	-0,08	18-30	-0,3
6-10	0,06	0,10	30-50	-0,6
10-18	0,07	0,12	50-80	-0,8

Опрессовать комплект пластин. Примерные величины необходимого давления при холодных и горячих опрессовках в зависимости от диаметра коллектора принимать следующие:

Диаметр коллектора, *мм*	150,0	200	300	400	500
Давление прессовки, *т*	2,4	4—6	12—16	20—30	30—45

2. Запрессованный комплект пластин запечь в термостате при температуре 130° в течение 3 час. Время, затрачиваемое на нагрев пластин до температуры 130°, в расчет не принимается.

3. Произвести горячую опрессовку комплекта пластин при 120°.

4. Охладить запрессованные пластины до температуры окружающего воздуха и обработать на токарном станке торцы пластин в виде «ласточкина хвоста» по шаблону.

5. Собрать запрессованные пластины коллектора на втулке в такой последовательности: на втулку надеть манжету (изготовление манжеты описано ниже), затем изоляционный цилиндр (см. табл. 82) и коллекторные пластины. Поставить на свое место вторую манжету и нажимное кольцо и зажать его болтами.

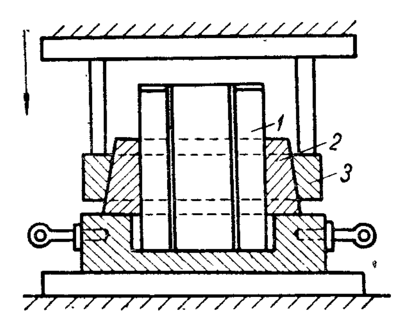


Рис. 35. Приспособление для опрессовки коллектора:
1 — коллекторные пластины; 2—прессующие сегменты; 3— пресс-кольцо.

6. Коллектор в сборе (на втулке) поместить в термостат и запечь при температуре 170° в течение 4—8 час. в зависимости от размеров коллектора.

7. Запеченный коллектор прессовать дважды: один раз при температуре 160°, а второй — при 25°, зажав до отказа нажимное коль-

по. Для коллекторов средних и крупных, а также быстроходных машин эта операция повторяется три раза.

8. Снять с коллектора прессующее приспособление и проверить на лампу 220 *в* отсутствие замыканий между пластинами. При ремонте коллекторов средних, крупных, а также быстроходных машин прессующее приспособление снимается только после второй запечки.

9. Испытать электрическую прочность изоляции коллектора (см. § 24).

10. Нагреть коллектор до температуры 160° и произвести динамическую формовку. Для этого горячий коллектор вращают со скоростью, в 2—2,5 раза больше номинальной (для возбудителей турбогенераторов в 1,2 раза больше номинальной) в течение 15—20 мин. Перед разгоном коллектор необходимо отбалансировать. Для коллекторов средних, крупных и быстроходных машин эта операция повторяется 2—3 раза. После каждого разгона подтягивают гайку нажимного кольца коллектора.

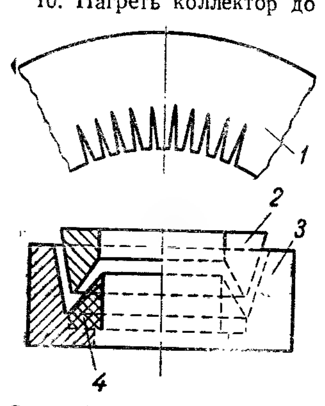


Рис. 36. Пресс-форма для изготовления манжет:

1 — заготовка из формовочного миканита; *2* — пуансон; *3* — матрица; *4* — выталкиватель.

11. Предварительно обточить коллектор на токарном станке до насадки на вал якоря и пайки петушков.

12. Окончательно обточить коллектор после насадки на вал якоря, проверки боя по индикатору и пайки петушков.

При чистовой обработке коллектора (обязательно в холодном состоянии) скорость резания принимается минимальной — не более 1—1,5 *м/сек;* подача резца (желательно марки победит) за 1 оборот — не более 0,05—0,1 *мм;* глубина резания 0,1—0,2 *мм.*

13. Выбрать (продорожить) слюду между пластинами коллектора.

Коллектор продороживают при толщине изоляции свыше 0,8 *мм* и при напряжении между пластинами до 13 *в.* Глубина продороживания изоляции в пределах 0,5—1,5 *мм.*

14. Прошлифовать коллектор на токарном или шлифовальном станке мелкозернистым камнем при окружной скорости коллектора 10—20 *м/сек.* Еще раз продорожить коллектор и отполировать мелкой стеклянной бумагой № 00. Наждачную бумагу для полирования применять нельзя, так как случайно оставшиеся между пластинами зерна наждачного порошка, являющиеся проводником тока, могут вызвать во время работы машины короткое замыкание.

Порядок изготовления коллекторных манжет следующий:

из формовочного миканита ФМ1 толщиной 0,4 *мм* нарезают заготовки по шаблону (рис. 36);

изнутри пресс-форму смазывают вискозином или парафином и в нее укладывают все заготовки, покрытые с одной стороны клеящим шеллачным лаком до нужной толщины. Стыки между заготовками одного слоя и последующих сдвигают между собой на 15—20 *мм*.

Собранную манжету прессуют на ручном винтовом или гидропрессе при удельном давлении 200—250 *кГ/см²* и температуре пресс-формы 200°, после чего охлаждают до температуры окружающего воздуха.

Контактные кольца. Контактные кольца для электрических машин нормального исполнения изготовляют из марганцовистой стали, чугуна, латуни Л68 или бронзы Бр. АЖМц. Контактные кольца для турбогенераторов изготовляют цельноковаными из 3% никелевой или 8% марганцовистой стали с пределом прочности 60—65 *кГ/мм²* и относительным удлинением 18—20%. Для контактных колец турбогенераторов пригодна также инструментальная сталь.

Повышение износоустойчивости стальных контактных колец быстроходных машин достигается термообработкой.

Прошедшие термообработку контактные кольца турбогенераторов должны иметь твердость 200—300 *кГ/см²* по Бринелю.

Контактные кольца изготовляют следующих нормальных диаметров: 80, 90, 100, 112, 125, 140, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 320, 360, 400, 450, 500, 550, 600, 660, 720, 800 *мм;* нормальная ширина колец: 10, 13, 16, 20, 25, 30, 40, 50 *мм*.

Контактные кольца обычно насаживают на опрессованную пластмассой или миканитом втулку или непосредственно на изолированный миканитом вал ротора машины. Толщина изоляционного слоя определяется наружным диаметром втулки или вала ротора в месте посадки кольца и внутренним диаметром кольца. Припуск на обработку изоляции принимается 1,5—2 *мм* на сторону.

Наложение миканитовой изоляции на вал ротора средних и крупных машин и насадку контактных колец выполняют в такой последовательности:

1. По размерам вала нарезают заготовки из формовочного миканита толщиной 0,3—0,5 *мм* и шириной по размерам кольца в месте посадки плюс 20 *мм*, если по конструкции не предусматривается шпагатный бандаж, и 40—50 *мм*, если он должен быть.

2. Заготовки предварительно формуют на валу. Отформованные заготовки накладывают (на шеллачном 40%-ном лаке) на вал до необходимой толщины, чаще всего внахлестку, с перекрытием 4—5 *см*. Заготовки располагают ступенями равномерно по всей окружности.

3. Наложенную на вал изоляцию покрывают в два-три оборота асбестовой бумагой толщиной 0,5 *мм* и временным стальным листом толщиной 1 *мм*. В таком виде изоляцию постепенно стягивают хомутами и запекают при температуре 135÷170° в течение 1,5—2,0 часа. Далее охлаждают изоляцию до температуры окружающего воздуха и разбирают прессующие приспособления.

4. Обтачивают изоляцию по заданным размерам. Глубина резания при чистовой обработке не более 0,5 *мм*, подача резца за 1 оборот 0,3 *мм*, скорость резания 45—50 *м/мин*.

5. Для предохранения обработанной изоляции от механических

повреждений во время насадки контактного кольца ее покрывают полосой (по ширине кольца минус 4—5 *мм*) из тонкой белой жести.

6. Обработанное по чертежу контактное кольцо нагревают до температуры 400÷450°, после чего насаживают на свое место и испытывают повышенным напряжением. В заключение проверяют индикатором бнение контактного кольца и в случае необходимости

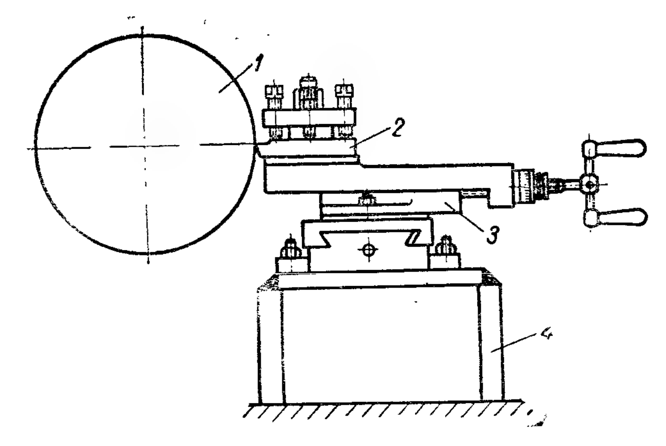


Рис. 37. Приспособление для проточки контактных колец ротора (при вращении ротора в собственных подшипниках):

1 — контактное кольцо; *2* — резец; *3* — суппорт; *4* — колонка, закрепленная к фундаменту.

обтачивают и шлифуют его поверхность, вращая ротор в собственных подшипниках (рис. 37, 38) или на токарном станке. Режимы резания соблюдаются примерно такие же, как и при чистовой обработке коллекторов.

В турбогенераторах контактные кольца насаживают чаще всего на промежуточную стальную втулку, изолированную миканитом. Посадка втулки на вал глухая, по ОСТ 1012. Втулка снимается с вала и насаживается на него нормально, без нагрева. Однако нагревом втулки (изнутри, если ее насаживают, и снаружи, если снимают) на 30÷60° значительно упрощают эту операцию. При съеме втулку разрешается нагревать, если изоляция под кольцами заведомо дефектна и подлежит замене.

В результате повышенного катодного распыления (явление электролиза) контактные кольца синхронных машин отрицательной полярности изнашиваются несколько быстрее, чем положительной. Для выравнивания износа колец надо периодически изменять их полярность. Обычно эту операцию выполняют во время плановых ремонтов.

Щеткодержатели. По способу установки щеткодержатели делятся на два типа: радиальные и наклонные (косые). Радиальные щеткодержатели обычно применяют в машинах переменного тока и в машинах постоянного тока, предназначенных для реверсивной работы. Наклонные щеткодержатели применяют в нереверсивных машинах.

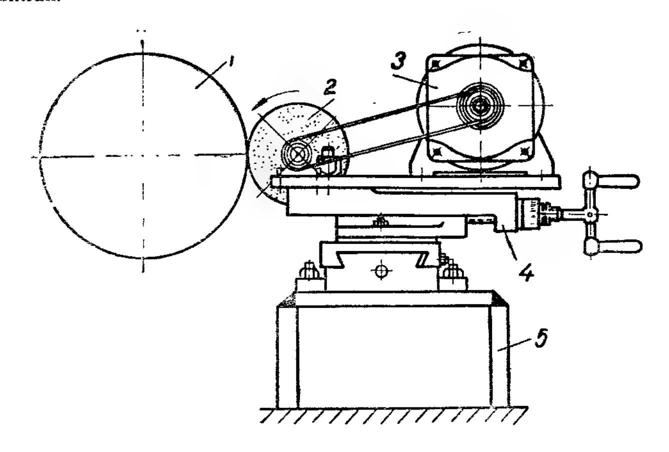


Рис. 38. Приспособление для шлифовки контактных колец ротора (при вращении ротора в собственных подшипниках):

1 — контактное кольцо; *2* — шлифовальный камень; *3* — мотор; *4* — суппорт; *5* — колонка, прикрепленная к фундаменту.

Щеткодержатели изготовляют из латуни, бронзы и других материалов, литые и штампованные.

В щеткодержателях больше всего изнашиваются обоймы и пружины, причем быстрее изнашиваются обоймы щеткодержателей с незакрепленными (скользящими в обойме) щетками, более долговечны обоймы с закрепленными щетками.

Как правило, поврежденные щеткодержатели заменяют новыми заводского исполнения. Если же новых щеткодержателей нет, то ремонтируют старые.

Навивку спиральных пружин выполняют круглой стальной проволокой (см. табл. 25) холодным способом на оправках, закрепляемых в патроне токарного станка. Диаметр оправки выбирают несколько меньший, чем внутренний диаметр старой пружины, на установленную опытным путем величину.

Чтобы снять остаточные механические напряжения в навитых пружинах, их отпускают в солиных, свинцовых или масляных ваннах при температуре 230÷315° в течение 15—30 мин.

§ 35. РЕМОНТ РОТОРНЫХ БАНДАЖЕЙ

Роторные бандажи делятся на массивные и проволочные. Массивными бандажамн закрепляют лобовые частн роторных обмоток быстроходных электрнческнх машин, главным образом турбогенераторов. Проволочные бандажи применяют в других электрических машинах, встречаются онн также в турбогенераторах устаревшнх

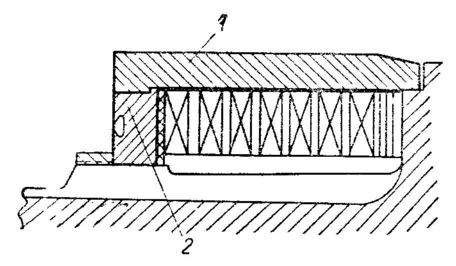


Рис. 39. Роторный бандаж турбогенератора:
1 — бандажное кольцо; *2* — центрирующее кольцо.

коиструкцнй. Проволочными бандажамн закрепляют роторные обмотки в лобовых частях, а иногда и в пазовой части.

Массивиые баидажи турбогеиераторов. Роторный бандаж современного турбогенератора представляет собой разборную стальную конструкцню (рис. 39). Он состоит нз двух частей: бандажного кольца *1* в виде полого цилиндра с тонкой стенкой н цеитрнрующего кольца *2*.

Бандажное кольцо воспринимает центробежные усилня лобовых частей обмоткн ротора и собственного веса. В механическом отношеиии бандажное кольцо является наиболее напряжеиной деталью турбогенератора.

Центрирующее кольцо создает опору для бандажиого кольца, а также для обмоткн ротора (в осевом направленин).

Расчет массивных бандажей подробно изложен в специальной лнтературе [18], поэтому здесь не приводится.

Натяги, механнческие характеристики и способы посадки бандажей для некоторых турбогенераторов приведены в табл. 125—129.

Как видно из табл. 125, нанболее распространенным способом является посадка бандажа на заточку зубцов ротора н на центрирующее кольцо, имеющее также посадку на звездочку вала ротора.

Съем и насадка массивних бандажей. Ввиду ответствеииости операции сиимать баидажи с ротора без достаточиых иа то оснований не разрешаетсн. Баидажи разрешается снимать с ротора только для устранения замыкаиий обмоткн ротора на корпус; при появлеиии повышенной вибрации машины — в результате витковых замыканий или смещеиия баидажей с посадочных

мест; если обнаружены ожоги и волосяные трещины в теле бандажей, в зубцах звездочки вала; при повреждениях демпферных обмоток и т. п.

Таблица 125

Способы посадки роторных бандажей турбогенераторов завода «Электросила»

Тип турбогенератора	Бандаж насажен на заточку зубцов ротора и центрирующее кольцо	Бандаж насажен только на центрирующее кольцо	Бандаж снимается с центрирующим кольцом или отдельно
Т2-0,5-2	Да	Нет	Вместе
Т2-1,0-2	»	»	»
Т2-1,5-2	»	»	»
Т2-3-2	Нет	Да	Отдельно
Т2-4-2	»	»	»
Т2-6-2	»	»	»
Т2-12-2	»	»	»
Т2-25-2	Да	Нет	Отдельно (вместе)
Т2-50-2	»	»	Вместе
Т2-100-2	»	»	»
Т2-12-2	»	»	Отдельно
Т-25-2	»	»	»
Т-275/30	»	»	Вместе
Т-285/50	»	»	»
Т-290/70	»	»	»
Т-2140/80	»	»	»
Т-2210/87	»	»	»
Т-2270/98	»	»	»
Т-44376/142	Нет	Да	Отдельно

О состоянии посадочных мест роторных бандажей можно судить по некоторым внешним признакам. Если на посадочных местах обнаружена красноватая пыль, то это свидетельствует об отсутствии необходимых натягов* и о начавшемся процессе разрушения посадочных мест под действием контактной коррозии.

До съема бандажей следует тщательно ознакомиться с их конструкцией и другими деталями ротора; определить точки приложения сил (при съеме и насадке бандажей) и, если необходимо, изготовить специальные приспособления (рис. 40).

Вынутый из статора ротор установить на шпальную клетку, которую расположить только под бочкой ротора; замаркировать все съемные детали ротора; демонтировать вентилятор и снять все крепления, которыми бандаж удерживается от перемещения (кольцевые шпонки, винты, стопорные гайки); установить (если необхо-

* Величина натяга ориентировочно составляет 0,0015 посадочного диаметра.

димо) на роторе приспособление для съема бандажа, а чтобы не повредить обмотку ротора открытым пламенем, все отверстия в пределах бандажа закрыть мокрым асбестом.

После выполнения подготовительных работ нагревают бандаж автогенными горелками, можно также использовать природный газ, паяльные лампы и т. п. Количество одновременно работающих авто-

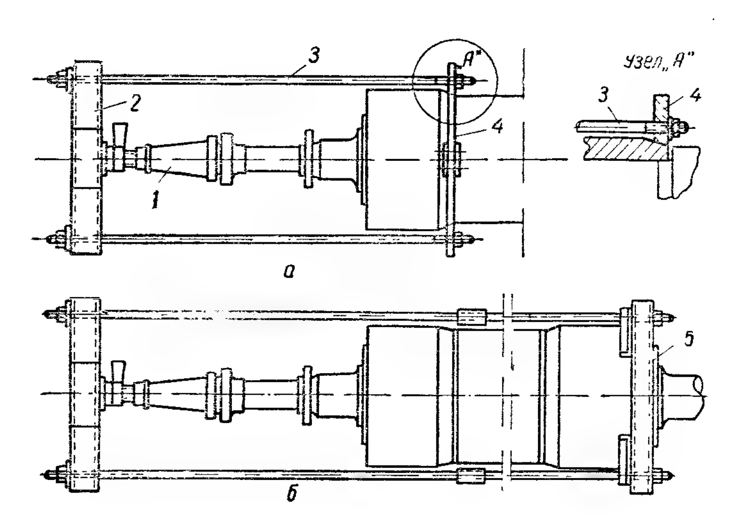


Рис. 40. Приспособление для съема и насадки массивных бандажей:
а — положение приспособления при съеме бандажа; *б* — положение приспособления при насадке бандажа; *1* — домкрат; *2* — упорная крестовина; *3* — тяги; *4* — разъемное кольцо для захвата бандажа при съеме; *5* — рама для захвата бандажа при насадке.

генных горелок в зависимости от величины бандажа должно быть 4—ɛ (№ 6 или 7).

Бандаж необходимо греть равномерно, но и достаточно энергично (скользящим пламенем). Задерживать горелку на одном месте нельзя.

Чтобы избежать структурных изменений в металле, бандаж разрешается нагревать до температуры не выше 200÷250°. Контроль за температурой удобно вести оловянно-свинцовыми прутками (ПОС61), которыми периодически прикасаются к нагреваемому бандажу.

Нагретый до заданной температуры бандаж поддерживают краном и быстро снимают с ротора при помощи приспособления и бутылочного домкрата.

Практика показывает, что во многих случаях бандаж можно снять при температуре ниже максимально допустимой, поэтому в

Таблица 126

Диаметры посадочных мест бандажных и центрирующих колец и вентиляторов турбогенераторов

Тип турбогенератора	Внутренний диаметр центрирующего кольца (в *мм*)	Диаметр вала ротора в месте посадки центрирующего кольца (в *мм*)	Наружный диаметр кольца (в *мм*)	Внутренний диаметр бандажа в месте посадки на центрирующее кольцо (в *мм*)	Диаметр на заточке зубцов ротора (в *мм*)	Внутренний диаметр бандажа в месте посадки на заточку зубцов ротора (в *мм*)	Диаметр вентилятора в месте посадки на центрирующее кольцо (в *мм*)	Диаметр центрирующего кольца в месте посадки вентилятора (в *мм*)
Т2-3,5-2	$320^{+0,05}$	$320,0^{+0,21}_{+0,175}$	$514,0^{+0,64}_{+0,315}$	$514^{+0,065}$	—	—	$425^{+0,08}_{+0,04}$	$425^{+0,06}$
Т2-6-2	$390^{+0,05}$	$390,0^{+0,27}_{+0,175}$	$595,6^{+0,065}$	$595^{+0,07}$	—	—	$480^{+0,08}_{+0,04}$	$480^{+0,06}$
Т2-12-2	$430^{+0,06}$	$430,0^{+0,06}_{+0,02}$	$660,8^{+0,05}$	$660^{+0,05}$	—	—	$530^{+0,068}_{+0,026}$	$530^{+0,07}$
Т2-25-2	$455^{+0,06}$	$455,4^{+0,06}$	$759,2^{+0,05}$	$758^{+0,05}$	$758^{+0,05}$	$756,8^{-0,05}$	$718^{+0,075}_{+0,025}$	$718^{+0,075}$
Т2-50-2	$555^{+0,05}$	$555,5^{+0,05}$	$901,0^{+0,05}$	$900^{-0,05}$	$918^{+0,05}$	$916,4^{-0,05}$	$880^{+0,075}_{+0,025}$	$880^{+0,075}$
Т $\frac{4376}{142}$	$865^{+0,075}$	$865,6^{+0,025}$	$1261,8^{+0,02}$	$1260^{-0,02}$	—	—	$1176^{+0,136}_{+0,068}$	$1176^{+0,0136}$

Примечание. Размеры диаметров относятся к свободному состоянию бандажа, центрирующего кольца и вентилятора.

Таблица 127

Величины натяга в роторных бандажах турбогенераторов

Тип турбогенератора	Натяг посадки бандажного кольца (в *мм*)		Натяг посадки центрирующего кольца (в *мм*)	
	В свободном состоянии	Центрирующее кольцо насажено на ротор	В свободном состоянии	Бандаж насажен на центрирующее кольцо
Т2-0,5-2	0,40-0,50	-	0,20-0,30	-
Т2-1,2-2	0,40-0,50	-	0,20-0,30	-
Т2А-1,5-2	0,30-0,45	-	0,10-0,25	-
Т2-3,5-2	0,40-0,50*	0,65-0,80	0,13-0,21	-
Т2-6-2	0,52-0,72*	0,66-0,79	0,13-0,27	-
Т2-12-2	0,80-0,90*	1,00-1,10	0,18-0,30	-
Т2-25-2	1,20-1,30	1,25-1,43	0,34-0,48	0,55-0,65**
Т2-50-2	1,60-1,70	2,15-2,28	0,50-0,60	0,72-0,82**
Т2-100-2	1,60-1,70	1,65-1,75	0,45-0,55	0,72-0,82**
ТВ-100-2	1,60-1,70	1,65-1,75	0,45-0,55	0,76-0,86

*Приведены натяги в местах посадки бандажей на центрирующие кольца (эти турбогенераторы имеют отставленные бандажи, т. е. сидящие только на центрирующих кольцах и не опирающиеся на бочку ротора).

**Для машин, выпущенных до 1945 г.

Таблица 128

Механические характеристики бандажных колец

Тип турбогенератора	Наружный диаметр бандажа (в *мм*)	Механическое напряжение в бандаже (при испытательной скорости* вращения) (в *кг/см²*)	Механические свойства стали: Предел прочности (в *кГ/см²*)	Предел текучести (в *кГ/см²*)	Относительное удлинение (в %)	Относительное сжатие (в %)	Запас прочности
Т2-0,5-2	-	-	6 000	4000	-	-	1,60
Т2-1-2	-	-	6 000	4000	-	-	1,60
Т2-1,5-2	-	-	6 000	4000	-	-	1,60
Т2-3,5-2	-	-	7 500	6000	-	-	1,60
Т2-6-2	690	2760	8 000	6500	16	30	2,36
Т2-12-2	755	3600	9 500	7500	16	35	2,08
Т2-25-2	842	4470	9 000	7000	16	35	1,56
Т2-50-2	1055	5000	10 000	8000	20	35	1,60
Т2-100-2	1055	4860	10 000	8000	20	35	1,65
ТВ-100-2	-	5058	10 000	8000	20	-	1,58
Т-12-2	755	3590	8 000	6500	20	30	1,81
Т-25-2	842	4370	10 000	8000	15	40	1,84
ХТГЗ, ТГ $\frac{3000}{31\text{-}10,5}$	840	3320**	9 500	7500	18	30	2,26
ХТГЗ, ТГ $\frac{3000}{15\text{-}6,3}$	755	2700	9 000	7000	15	35	2,59
Т4376.142	1365	3600	7 500	5500	16	32	1,53

*Испытательная скорость вращения ротора равна 1,2 номинальной.

**Механические напряжения в бандаже приведены без учета натягов.

процессе нагрева необходимо попытаться осторожно снять бандаж, но так, чтобы не повредить посадочные места.

После того как все дефекты устранены и подбандажная изоляция наложена на лобовые части обмотки ротора, то бандаж насаживают на свое место в обратной последовательности.

На роторе устанавливают детали приспособления для насадки бандажа. Бандаж поднимают краном, центрируют, проверяют положение шпонок. После такой «холодной примерки» бандаж отводят в сторону в осевом по отношению к ротору направлении. Далее равномерно нагревают бандаж с соблюдением всех предосторожностей. Для контроли заданного увеличения диаметра бандажа в процессе нагрева рекомендуется изготовить стальные (жесткие) штихмасы.

Нагретый до заданной температуры бандаж подносят краном к лобовой части ротора. Затем быстро собирают приспособление и сначала вручную, потом домкратом бандаж насаживают на свое место.

Некоторые бандажи, не имеющие внутреннего конуса, можно окончательно посадить на свое место ударами свинцовой кувалды или шпалы по торцу бандажа.

Дефекты и мелкий ремонт массивных бандажей. При снятых бандажах тщательно осматривают лобовые части обмотки ротора. Определяют состояние токоподводов и перемычек, витковой и корпусной изоляции, проверяют клиновку катушек, целость деталей демпферной (успокоительной) обмотки: замыкающих колец, полос и клиньев, выступающих из пазов.

Согласно руководящим указаниям успокоительные обмотки, имеющие повреждения, удаляют [30]. Кольцевой зазор под носиком бандажа, образующийся после удаления успокоительной обмотки, рекомендуется заполнять твердопрессованным формовочным миканитом или же разрезным алюминиевым кольцом. В смысле усиления электрической прочности подбандажной изоляции первый способ заполнения кольцевого зазора по сравнению со вторым обладает некоторыми преимуществами.

Проверкой подбандажной изоляции на действующих крупных машинах установлено, что хорошо спрессованный и запеченный миканит является довольно жесткой опорой для верхних витков катушек ротора и имеет большой запас электрической прочности изоляции.

Во всех случаях, если бандажи сняты с ротора, их зачищают до металлического блеска мелкозернистым наждачным полотном для более детального осмотра. Бандажи осматривают при помощи оптических приборов (бинокулярный микроскоп, лупа). Для выявления волосных трещин сомнительные места обезжиривают чистым бензином, а затем спиртом и протравливают в течение определенного времени химическими реактивами.

Бандажи, изготовленные из магнитых сталей, протравливают в течение 10—15 мин. реактивом № 1 (раствор персульфат аммония — 100 *г* в 900 *см*³ дистиллированной воды), затем после промывки теплой водой (40÷60°) — реактивом № 2 (раствор азотной кислоты — 3 *см*³ в 100 *см*³ этилового спирта) в течение 1—2 мин.

Бандажи, изготовленные из немагнитных аустенитовых сталей, протравливают в течение 5—10 мин. реактивом № 3 (раствор концентрированных кислот: азотной — 250 *см*³ и соляной — 500 *см*³ в 250 *см*³ дистиллированной воды) или же реактивом № 4 (раствор концентрированных кислот: азотной — 250 *см*³ и соляной — 750 *см*³; приготовляют за 24 час. до употребления) в течение 1—5 мин. и более, до потемнения ватного тампона.

Для нейтрализации кислот поверхность бандажа после травления промывают 10—15%-ным водным раствором кальцинированной соды и проточной водой, после чего сушат и снова шлифуют. Спустя 24 часа после травления поверхность бандажа тщательно осматривают. Обнаруженные путем осмотра волосяные трещины на поверхности зачищают мелкозернистым наждачным камнем и шлифуют на глубину 3—5 *мм*. При более глубоких трещинах бандаж должен быть проверен расчетом на механическую прочность [18].

Если по расчету механическая прочность бандажа окажется недостаточной, бандаж бракуют и заменяют новым.

При значительных повреждениях посадочных мест в узле вал — центрирующее кольцо старое центрирующее кольцо нужно заменить новым или временно уплотнить посадочные места прокладками из стальной фольги толщиной 0,1—0,3 *мм*.

При повреждениях посадочных мест на заточке зубцов ротора

Таблица 129

Механические характеристики центрирующих колец

Тип турбогенератора	Наружный диаметр (в *мм*)	Внутренний диаметр (в *мм*)	Механическое напряжение в кольце (при испытательной скорости вращения) (в *кГ/см*²)	Механические свойства стали				Запас прочности
				Предел прочности (в *кГ/см*²)	Предел текучести (в *кГ/см*²)	Относительное удлинение (в %)	Относительное сжатие (в %)	
Т2-0,5-2	-	-	-	5500	3000	-	-	1,60
Т2-1-2	-	-	-	5500	3000	-	-	1,60
Т2-1,5-2	-	-	-	5500	3000	-	-	1,60
Т2-3,5-2	514	320	-	5500	3000	-	-	1,60
Т2-6-2	595	390	1280	6000	3000	20	35	2,34
Т2-12-2	660	430	1440	6000	3000	18	35	2,08
Т2-25-2	739	455	1830	6000	3000	16	35	1,64
Т2-50-2	900	555	2400	6000	4000	16	35	1,67
Т2-100-2	-	-	2170	6000	4000	16	35	1,84
ТВ-100-2	-	-	1980	6000	4000	16	35	2,02
Т-12-2	-	-	1440	6000	3000	20	35	2,08
Т-4376/142	1261	865	2840	5500	2750	18	35	3,27
Т-25-2	-	-	1850	6000	3000	20	35	1,62

и соответственно на бандаже (глубокие ожоги, наклеп, волосяные трещины и т. д.) необходимо определить поверочным расчетом [19] возможность работы бандажа с посадкой только на центрирующее кольцо (отставленный бандаж).

При положительных результатах расчета носик бандажа отрезают на токарном станке на такую длину (в осевом направлении), при которой зазор между бочкой ротора и бандажом будет 5—6 *мм* при посадочном диаметре бандажа до 760 *мм;* 6—8 *мм* — до 500 *мм.*

Если же в результате такой обработки бандажа не удается вывести глубокие и сквозные трещины в металле, то бандаж бракуют и заменяют новым.

Проволочные бандажи. Проволочный бандаж ротора рассчитывают как вращающееся тонкое кольцо [18], нагруженное центробежными силами собственного веса и веса обмотки, удерживаемой бандажом.

В зависимости от способа закрепления обмотки в пазу проволочные бандажи размещают только на лобовых частях обмотки или же на лобовых частях и по активной длине стали ротора. В первом случае при расчете бандажа учитывают вес лобовых частей обмотки, во втором случае — полный вес обмотки с изоляцией.

Необходимое число витков проволоки (выбранного диаметра) на все бандажи ротора определяют по формуле

$$W = \frac{226GR}{\left(\sigma - \frac{\gamma v^2}{100}\right) d^2} \left(\frac{n_i}{1000}\right)^2,$$

где G — вес обмотки, удерживаемой бандажами, *кг;*
R — радиус по центру тяжести обмотки, *см;*

$$R = \frac{D - h}{2},$$

где D — наружный диаметр ротора, *см;*
h — глубина паза, *см;*
d — диаметр бандажной проволоки, *мм;*
γ — удельный вес бандажной проволоки;
v — окружная скорость ротора *м/сек* при испытательной скорости вращения (n_i, об/мин)

$$v = \frac{\pi d n_i}{60};$$

σ — расчетное растягивающее напряжение в поперечном сечении бандажа, *кГ/мм²*.

Растягивающее напряжение в бандаже принимают равным

$$(0{,}7 - 0{,}8)\,\sigma_z,$$

где σ_z — допустимое напряжение при намотке бандажа, *кГ/мм²*.

Допустимое напряжение (σ_z) принимают для проволоки угле-

ристой (ГОСТ 1546—53)—60—65 *кГ/мм²*; для бандажной магнитной проволоки средней твердости (ОСТ 20021—38)—45 *кГ/мм²*; то же для немагнитной —55 *кГ/мм²*. В исключительных случаях напряжения натяга проволоки при намотке бандажей могут быть повышены на 10—15% в соответствии с данными лабораторных испытаний.

При расчете проволочных бандажей необходимо принимать испытательную скорость вращения (по ГОСТ 183—55) следующей:

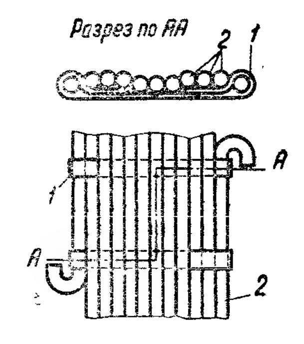


Рис. 41 Проволочный бандаж:

1 — замочные скрепки; *2* —бандажная проволока.

для электрических машин, предназначенных для станционного оборудования гидроэлектростанций,— на 50% выше номинальной;

для электродвигателей с последовательным возбуждением постоянного и переменного тока — на 20% сверх наибольшей, указанной на заводском щитке электродвигателя, но не меньше чем на 50% сверх номинальной;

для электродвигателей с регулировкой скорости вращения — на 20% сверх наибольшей, указанной на заводском щитке электродвигателя;

для остальных электрических машин — на 20% выше номинальной.

В быстроходных машинах проволочные бандажи, как правило, наматывают на ротор в несколько слоев. Чтобы уменьшить потери на вихровые токи, отдельные слои изолируют прокладками из асбестовой бумаги или гибкого миканита толщиной — 0,3 *мм*. Для более равномерного распределения механической нагрузки между слоями бандажа натяг проволоки в процессе намотки в каждом последующем слое необходимо снижать примерно на 10%.

Ширина отдельных проволочных бандажей должна быть на лобовых частях не более 40 *мм*; в пазовой части — 15—20 *мм*. Если по данным механического расчета необходимо намотать более широкие бандажи, то целесообразно разделить их на несколько штук. Однако не следует перекрывать бандажами поверхность ротора больше чем на 25—35%, чтобы не ухудшить вентиляцию машины.

Для механической прочности и заделки замков на бандаже ставят жестяные скрепки шириной 10—15 *мм* (рис. 41). В частично пропаянных бандажах количество скрепок должно быть равно числу пар полюсов. Для пайки бандажей применяются мягкие припои марок ПОС-40 или ПОС-50.

§ 36. ЦЕНТРОВКА И БАЛАНСИРОВКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Допуски при центровке валов. При центровке валов разница в измеренных зазорах по горизонтальным диаметрам полумуфт (рис. 42) при совместном поворачивании валов должна быть:

для жестких муфт по окружностям полумуфт не более 0,04 *мм;* по торцам полумуфт или на диаметре около 400 *мм* не более 0,03 *мм;*

для полужестких муфт по окружностям полумуфт не более 0,08 *мм*; по торцам полумуфт или на диаметре около 400 *мм* не более 0,05 *мм*;

для гибких и кулачковых муфт по окружностям полумуфт не более 0,1 *мм*; по торцам полумуфт или на диаметр около 400 *мм* не более 0,06 *мм*.

До начала центровки полумуфты проверяют индикатором.

Биение по торцу полумуфт роторов на диаметр 400 *мм* для жестких муфт допускается не более 0,02 *мм* и для полужестких муфт не более 0,04 *мм*.

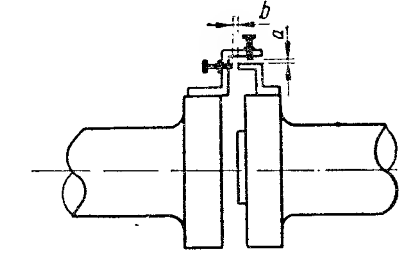


Рис. 42. Центровка валов по полумуфтам:
а — радиальный зазор; *b* — аксиальный зазор.

Биение по окружностим для жестких полумуфт не более 0,03 *мм*, полужестких — 0,05 *мм*.

Биение и эллиптичность шеек валов должны быть не более 0,03 *мм;* конусность на 100 *мм* длины шейки вала — не более 0,02 *мм*.

Конусность шейки вала определяют так: микрометром измеряют диаметры шеек вала D_1 и D_2 на расстоянии 100 *мм* и данные подставляют в формулу $\frac{D_1 - D_2}{100}$.

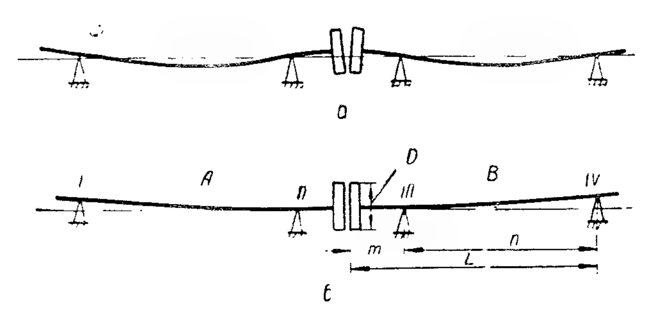


Рис. 43. Положение валов, соединяемых муфтой:
а — неправильное; *б* — правильное.

Выверка валов. На рис. 43 показаны правильное и неправильное положения соединяемых валов, расположенных на четырех подшипниках.

При правильном положении валов торцы полумуфт в пределах допусков параллельны, а геометрические оси соединяемых валов образуют плавную упругую линию.

При выверке валов величину их подъема определяют несложным подсчетом. Так, например, если полумуфта вала *A* (рис. 43) выше полумуфты вала *B* на *h* *мм*, а зазор между торцами полумуфт в верхней точке больше, чем в нижней на δ *мм* (остальные размеры по рисунку) тогда подшипник *III* необходимо поднять на

$$\frac{l\delta m}{Dn}+h \text{ мм},$$

а подшипник *IV* на

$$\frac{l\delta}{D}\left(1+\frac{m}{n}\right)+h \text{ мм}.$$

Окончательно укладку валов контролируют валовым уровнем с микрометрической головкой («Геологоразведка» или уровень Кука).

Воздушные зазоры. Симметричное положение ротора в электрической машине определяется величиной воздушного радиального зазора между ротором и статором.

В правильно собранной машине воздушный зазор по всей образующей ротора почти одинаковый.

В синхронных машинах величины воздушных зазоров, измеренные в диаметрально противоположных точках, не должны отличаться между собой более ±10% среднего значения (равного полусумме зазоров), а в гидрогенераторах ±20%.

Воздушные зазоры и допустимые их отклонения от среднеарифметического значения в электрических машинах постоянного тока и в асинхронных двигателях приведены в табл. 130 и 131.

Таблица 130

Воздушные зазоры в электрических машинах постоянного тока

Мощность машины (в *квт*)	Воздушный зазор между якорем и главными полюсами (в *мм*)
До 50	1,5— 3,0
50—200	3,0— 5,0
более 200	5,0—10,0

Примечание. Допустимые отклонения величины воздушного зазора в процентах от среднеарифметического значения для электрических машин с петлевой обмоткой при зазоре до 3 *мм*—±10%, а при зазорах более 3 *мм*—±5%.

Для электрических машин с волновой обмоткой эти отклонения могут быть увеличены в 2,5 раза.

Таблица 131

Воздушные зазоры в асинхронных электродвигателях

Мощность (в *квт*)	500—1500 об/мин		3000 об/мин		Примечание
	Нормальный зазор (в *мм*)	Увеличенный зазор (в *мм*)	Нормальный зазор (в *мм*)	Увеличенный зазор (в *мм*)	
0,12-0,25	0,20	0,30	0,25	0,40	Допустимые отклонения величин воздушных зазоров в процентах от среднеарифметического значения ±10%
0,5-0,75	0,25	0,40	0,30	0,50	
1-2	0,30	0,50	0,35	0,50	
2-7,5	0,35	0,65	0,50	0,80	
10-15	0,40	0,65	0,65	1,00	
20-40	0,50	0,80	0,80	1,25	
50-75	0,65	1,00	1,00	1,50	
100	0,80	1,25	1,25	1,75	
125-180	0,80	1,25	1,25	1,75	
200-250	1,00	1,50	1,50	2,00	

Балансировка электрических машин. Повышенная вибрация электрических машин может быть обусловлена многими причинами: эксцентричным расположением ротора относительно статора, коротким замыканием части витков ротора или статора, неудовлетворительной центровкой сопрягаемых валов, собственными колебаниями фундаментов и т. п.

Чаще всего причиной повышенной вибрации электрических машин является неуравновешенность (небаланс) вращающихся деталей — роторов, шкивов, полумуфт.

Таблица 132

Нормы вибрации электрических машин

Наименование	Номинальная скорость вращения (в об/мин)	Допустимая величина вибрации (удвоенная амплитуда колебаний) (в *мм*)
Электродвигатели	До 1500,0	0,10
	3000,0	0,05
Турбогенераторы и возбудители . . .	1500,0	0,07
	3000,0	0,05
Синхронные компенсаторы и разгонные электродвигатели	750,0-1000,0	0,10
Гидрогенераторы с вертикальным валом (вибрация крестовины со встроенными в нее направляющими подшипниками) . .	62,5 до 187,6	0,18
	214,0 » 375,0	0,12
	500,0 » 750,0	0,10

Электрические машины в процессе ремонта тщательно балансируют с тем, чтобы их вибрация не превышала значений [23], приведенных в табл. 132.

Чтобы устранить небаланс в коротких роторах, часто можно ограничиться только статической балансировкой на параллельных призмах, изготовленных из закаленной стали или чугуна.

Ширина рабочей поверхности призм определяется по формуле

$$a = \frac{0{,}35\,GE}{p^2 d}\ см,$$

где G — нагрузка на призму, *кг;*

E — модуль упругости материала призмы, *кГ/см²*;

p — расчетная удельная нагрузка, *кГ/см²* (для твердой закаленной стали p=7000—8000 *кГ/см²*);

d — диаметр вала, *см.*

Практически ширину рабочей поверхности призм принимают:

для роторов весом менее 1 *т*—3—5 *мм;*

» » » более 1 *т* — не менее 6—8 *мм;*

Устранить небаланс в роторах машин при помощи только статической балансировки часто бывает невозможно, так как статически уравновешенный ротор при вращении может иметь динамическую неуравновешенность.

Динамическую неуравновешенность ротора устраняют при помощи специальных балансировочных станков при пониженной скорости вращения и в собственных подшипниках при номинальной скорости вращения ротора [17, 26, 27].

Как показал опыт, роторы крупных электрических машин, работающие с «хронической вибрацией» и не поддающиеся динамической балансировке, в собственных подшипниках балансируют на балансировочных станках.

Но чаще всего динамическую балансировку роторов выполняют в собственных подшипниках при помощи виброскопа (например, типа ВК Ленинградского инструментального завода или БИП Киевского электромеханического завода) или же методом отметок. В принципе оба метода имеют общее математическое обоснование. По первому методу амплитуду и фазу вибрации (бьющую сторону) определяют виброскопом, по второму — амплитуду вибрации определяют виброметром, а фазу вибрации — методом отметок на валу. Второй метод менее совершенный, так как определение бьющей стороны ротора зависит от навыка исполнителя.

Динамическую балансировку ротора методом отметок выполняют в такой последовательности.

1. В зависимости от веса ротора определяют вес пробного груза по формуле

$$P \cong \frac{135G10^6}{n_н^2 R}\ г,$$

где G — нагрузка на подшипник от веса ротора, *кг;*

$n_н$ — номинальная скорость ротора, об/мин;

R — радиус закрепления пробного груза, *мм,*

Затем изготовляют пробный груз конструктивно таким же, как и постоянные балансирующие грузы (обычно из стали Ст. 4, Ст. 5 или из меди).

2. На балансируемой стороне ротора проверяют по индикатору (биение не более 0,02 — 0,03 *мм*) открытую часть вала и закрашивают ее по всей окружности жидко разведенным зубным порошком или мелом, с небольшой добавкой жидкого стекла.

3. Дальше машину пускают, доводят число оборотов до рабочего и на окрашенном участке отмечают бьющую сторону вала острой чертилкой. При этом чертилку подводят к вращающемуся валу осторожно, слегка касаясь его поверхности. Так наносят на вал несколько рисок. Одновременно измеряют вибрацию подшипника балансируемой стороны. Затем машину останавливают, определяют положение центра отметок бьющей стороны вала ротора и начинают строить векторную диаграмму балансировки. На плотной бумаге в выбранном масштабе строят вектор существующей вибрации — *оа* (рис. 44).



Рис. 44. Балансировка машины в собственных подшипниках методом отметок:

А — отметка бьющей части вала при первом пуске; *В* — отметка бьющей части вала при втором пуске; *С* — место установки пробного груза; *D* — место установки балансировочного груза.

4. Отступив от центра первой отметки на валу против его вращения на 90°, закрепляют пробный груз — *Р* (на диаграмме точка *С*). Второй раз пускают машину с установленным на роторе пробным грузом, доводят число оборотов до номинального и снова отмечают бьющую сторону вала и измеряют вибрацию. После этого машину останавливают и находят центр отметок на валу. Положение центра отметок переносят на диаграмму (точка *В*), а на радиусе *ОВ* строят в том же масштабе вектор вибрации — $\overline{ob}$.

Вектор вибрации $\overline{ob}$ обусловлен неуравновешенными массами, действующими на ротор — массой существующего небаланса и массой пробного груза. Первая составляющая ($\overline{oa}$) этого вектора определена при первом пуске машины, а вторую составляющую ($\overline{ab}$) найдем, соединив точки *а* и *b*.

5. Как видно из диаграммы, чтобы устранить существующий небаланс ротора, вектор вибрации $\overline{ab}$ должен быть равен по абсолютной величине и противоположно направлен вектору $\overline{oa}$. Чтобы выполнить это условие, вместо пробного груза на роторе ставят балансировочный груз Q_1, найденный по формуле

$$Q_1 = \frac{oa}{ab} P,$$

и закрепляют его со смещением (в направлении, противоположном вращению ротора; на диаграмме точка D) относительно места установки пробного груза на угол δ. Этот угол находят при построении векторной диаграммы.

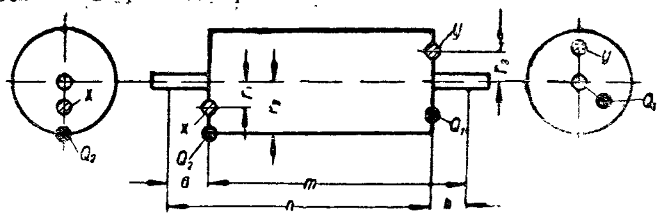


Рис. 45. Расчетная схема разложения на составляющие балансировочного груза при балансировке машины в собственных подшипниках.

Вторую сторону ротора балансируют аналогично — так же находят величину и место закрепления балансирующего груза (Q_2) для второй стороны ротора. Чтобы балансировка первой стороны ротора не нарушилась, найденный груз Q_2 необходимо разложить на две составляющих x и y по формулам:

$$x = Q_2 \frac{mn}{mn - ab} \frac{r_2}{r_1}; \qquad y = Q_2 \frac{ma}{mn - ab} \frac{r_2}{r_3},$$

которые вместе с грузом Q_1 приводят ротор к динамическому равновесию. Значение величин a, b, m, n, r_1, r_2, r_3 определяют так, как указано на рис. 45.

Обычно груз x закрепляют на роторе вместо груза Q_2; груз y закрепляют на противоположном конце ротора, диаметрально противоположно грузу x.

§ 37. ПОДШИПНИКИ И СМАЗКА

В современных электрических машинах мощностью до 200—300 *квт* применяются исключительно шариковые и роликовые подшипники. Ввиду больших преимуществ подшипников качения перед подшипниками скольжения электромашиностроительные заводы предусматривают в ближайшее время наладить выпуск асинхронных двигателей мощностью до 1000 *квт* с подшипниками качения.

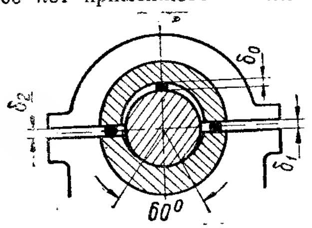


Рис. 46. Измерение зазора между шейкой вала и верхним вкладышем по свинцовым оттискам.

Электрические машины более ранних выпусков средних и крупных габаритов, а также турбо- и гидрогенераторы, мощные двигатели прокатных станов, шахтных подъемников, экскаваторов и др. имеют подшипники скольжения с баббитовой заливкой с кольцевой смазкой или под давлением.

В электрической машине подшипники изнашиваются значительно быстрее, чем другие ее детали. В результате износа подшипников нарушается симметричное положение ротора в расточке статора, появляется вибрация машины и вытекание смазки, повышается нагрев и другие ненормальности.

Подшипники скольжения. Общие требования к подшипникам скольжения: 1. Шейки вала должны прилегать к рабочей поверхности вкладыша только на $^1/_6$ части окружности (центральный угол 60°) по всей длине вкладыша (рис. 46), а в крупных машинах — не доходя 20 *мм* до маслозадерживающих канавок. Остальная часть шаброванной поверхности вкладыша работает с зазором.

2. Зазоры в подшипниках должны быть в пределах величин, указанных в табл. 133—136.

В подшипниках с разъемными вкладышами боковые зазоры измеряют щупом на глубину 20—40 *мм*. Зазор на верху шейки (радиальный зазор) измеряют микрометром по свинцовым оттискам. Для этого кусочки свинцовой проволоки укладывают на шейке вала и на разъеме нижнего вкладыша. Затем устанавливают верхний вкладыш и плотно затягивают крепящие болты. Размер свинцового оттиска на шейке вала превышает размер верхнего зазора на среднюю величину боковых оттисков, поэтому величина верхнего зазора δ определяется по формуле

$$\delta = \delta_0 - \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} \text{ мм.}$$

Эти обозначения взяты по рис. 46.

3. При сборке подшипников необходимо следить за тем, чтобы натяг при закрытии крышек был 0,05—0,15 *мм* (измеряют микрометром по свинцовым оттискам). Величину натяга регулируют прокладками на разъеме вкладышей (общей толщиной 0,8—1,2 *мм*).

4. Зазор между заостренной кромкой маслозащитного кольца и валом (измеряется щупом) должен быть 0,1—0,2 *мм* по всей окружности.

5. Сопротивление изоляции изолированных подшипников, измеренное мегомметром на 1000 *в*, генераторов, компенсаторов и возбудителей при полностью собранных маслопроводах должно быть не менее 1 *мгом* [23], а в гидрогенераторах вертикального исполнения — не менее 0,3 *мгом* (если направляющие подшипники и подпятники располагаются на верхней крестовине; ГОСТ 5616—50).

6. В подшипниках с принудительной смазкой (под давлением 0,25—0,5 *ат*) рекомендуется создавать возможно низкое давление, так как при работе машины на повышенных давлениях из подшипников вытекает масло. Давление и количество масла, поступающего в подшипник, регулируют по нормальному температурному режиму установкой шайб на напорных маслопроводах.

7. При смазке подшипников под давлением температура холодного входящего масла должна быть 40° и не ниже 25÷30° (при пуске машины), а горячего масла на сливном патрубке не должна превышать 65°. Нормальный перегрев масла допускается 15÷20°. Температура баббита допускается не выше 80°. Последнее требование распространяется также и на подшипники с кольцевой смазкой.

В аварийных случаях температура горячего масла не должна быть выше 75°. Если причина ненормального перегрева подшипников не устранена, то машина должна быть остановлена для выявления и устранения дефектов.

Таблица 133

Допустимые зазоры в опорных подшипниках скольжения с разъемными вкладышами и с принудительной смазкой

Диаметр шейки вала (в *мм*)	Вкладыши, расточенные со смещением центров				Вкладыши, расточенные с прокладками			
	Верхний зазор		Боковой зазор		Верхний зазор		Боковой зазор	
	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
50	0,15	0,25	0,10	0,15	0,10	0,15	0,15	0,20
100	0,20	0,30	0,10	0,20	0,10	0,15	0,20	0,25
150	0,30	0,40	0,15	0,25	0,20	0,25	0,30	0,40
200	0,40	0,55	0,20	0,30	0,20	0,30	0,35	0,45
250	0,50	0,65	0,25	0,35	0,25	0,35	0,45	0,55
300	0,60	0,75	0,30	0,40	0,30	0,45	0,55	0,62
350	0,70	0,85	0,35	0,45	0,35	0,50	0,62	0,70

Примечание. Данные действительны для быстроходных машин — турбогенераторов, турбовозбудителей и т. п.

Таблица 134

Допустимые зазоры в подшипниках скольжения (с принудительной смазкой) турбогенераторов серии Т2 завода «Электросила»

Тип турбогенератора	Диаметр шейки вала (в *мм*)	Верхний зазор (в *мм*)		Осевой зазор (разбег вала) (в *мм*)		Удлинение ротора при номинальной нагрузке от тепловых расширений (в *мм*)	Расход масла на один подшипник (в *л/мин*)
		мин.	макс.	мин.	макс.		
Т2-0,5-2	100	0,2	0,40	2,75	3,25	1,5	6
Т2-1-2	120	0,2	0,40	2,75	3,25	2,0	6
Т2А-1,5-2	120	0,2	0,40	2,75	3,25	2,0	6
Т2-3-2	150	0,3	0,50	2,75	3,25	2,0	18
Т2-3,5-2	150	0,3	0,50	2,75	3,25	2,5	18
Т2-6-2	180	0,5	0,58	3,75	4,25	3,0	25
Т2-12-2	200	0,5	0,52	3,75	4,25	4,0	25
Т2-25-2	280	0,6	0,69	3,75	4,25	6,0	120
Т2-50-2	300	0,6	0,69	6,75	7,25	7,0	160
Т2-100-2	360	0,7	0,90	9,75	19,75	9,0	300

Примечание. Внутренняя рабочая поверхность вкладышей и шейка ротора имеют строго цилиндрическую форму, их диаметры различаются на величину верхнего зазора.

Таблица 135

Допустимые зазоры в опорных подшипниках скольжения с кольцевой смазкой (по ОСТ—1012)

Диаметр шейки вала (в *мм*)	Верхний зазор (в *мм*) при скорости вращения (в об/мин)	
	Меньше 1000	1000 и больше
18-30	0,040-0,093	0,060-0,118
30-50	0,050-0,112	0,075-0,142
50-80	0,065-0,135	0,095-0,175
80-120	0,080-0,160	0,120-0,210
120-180	0,100-0,195	0,150-0,250
180-260	0,120-0,225	0,180-0,295

Примечание. Зазоры относятся к новым подшипникам машин нормального исполнения мощностью до 1000 *квт* включительно при 3000 об/мин и меньше и мощностью 200 *квт* включительно при 3000 об/мин.

Таблица 136

Допустимые осевые зазоры в подшипниках скольжения

Мощность (в *квт*)	Осевые зазоры в подшипниках (в *мм*)	
	в одну сторону	в обе стороны
До 10	0,50	1,0
„ 10-20	0,75	1,5
„ 30-70	1,00	2,0
„ 70-125	1,50	3,0
Выше 125*	2,00	4,0

Примечание. Осевой зазор (разбег вала) устанавливают в обе стороны от центрального положения ротора (определяемого магнитным полем) с учетом теплового расширения.

Марки и характеристики баббитов, припуски на обработку и шабровку вкладышей приведены в табл. 137—139.

* Данные ориентировочные.

Таблица 137

Марки и характеристика баббитов (по ГОСТ 1320—55) для заливки вкладышей подшипников

Наименование	Марки баббитов				Примерное назначение баббитов
	Б 83	Б 16	Б6	БН	
Химический состав, %:					
Олово	83,00	16,00	5,0-6,0	9,0-11,0	Б83 — для подшипников генераторов мощностью более 500 *ква* и электродвигателей более 750 *квт*
Свинец	Остальное				
Сурьма	11,00	16,00	14,0-16,0	13-15,0	Б16 — для подшипников генераторов мощностью до 500 *квт* и электродвигателей до 750 *квт*
Медь	6,00	3,00	2,5-3,0	1,5-2,0	
Критическая температура плав. град:					
начальная	240,00	242,00	232,00	240,00	
конечная	351,00	429,00	416,00	400,00	БН — то же
Рекомендуемая температура при заливке вкладышей подшипников, град.:					
сплава	400,0-430,0	479,00	466,00	450,00	БН — для подшипников электродвигателей мощностью до 250 *квт*
вкладыша	250,00	250,00	250,00	250,00	
Максимально допустимая рабочая температура баббита, град.	80,00	80,00	75,00	80,00	
Максимально допустимое удельное давление, $кГ/см^2$	100,00	100,00	50	160	
Удельный вес	7,38	9,29	9,60	9,55	

Примечания: 1. При повторном использовании баббита его рекомендуется добавлять к новому не более 30—50%.

2. Температуру баббита при заливке вкладышей определяют погружением сосновой или березовой лучины в расплавленный баббит, если лучина при этом обугливается до темно-коричневого цвета — температура баббита нормальная; если лучина обугливается дочерна или вспыхивает — баббит перегрет.

Таблица 138

Припуски на обработку и прибыль при заливке баббитом вкладышей

Диаметр вкладыша (в *мм*)	Толщина стенок (в *мм*)	Припуск на обработку (в *мм*)	Припуск на прибыль к весу литья (в %)
Менее 50	6-8	1-3	5
100	10-12	3-5	10
200	12-18	5-10	10-20
Более 300	Более 20	10-15	10-20

Примечание. В таблице приведены минимальные значения припусков на прибыль и обработку.

Таблица 139

Припуски на шабровку при расточке вкладышей, залитых баббитом

Диаметр вкладыша (в *мм*)	Рабочая длина подшипника (в *мм*)		
	До 100	100—200	200—300
До 80	0,05	0,08	0,12
80-100	0,10	0,15	0,25
180-360	0,15	0,25	0,35

Примечание. Средняя толщина слоя, снимаемого при шабровании за один проход, 0,01-0,06 *мм*. Расстояние между штрихами на шаброванной поверхности вкладыша должно быть около 4—5 *мм*.

Подшипники качения. Общие требования к подшипникам качения: допустимые зазоры в подшипниках электрических машин должны быть в пределах величин, указанных в табл. 140; посадка подшипников на вал и в корпус — по ГОСТ 3325—55 (для машин мощностью до 100 *квт* — напряженная подшипниковая посадка, свыше 100 *квт* — тугая посадка); наибольшая допустимая температура нагрева подшипников качения 95°. В связи с этим рекомендуется применять для смазки подшипников более тугоплавкие смазки с температурой каплепадения 110÷150°; корпус подшипника качения необходимо заполнять смазкой на $^2/_3$ свободного пространства. Смазку необходимо менять после 1000—1500 час. работы машины, но не реже чем через каждые 6 мес.

Технические характеристики однорядных радиальных шариковых и роликовых подшипников приведены в табл. 141. В табл. 142, 143 приведены номера подшипников для некоторых типов электрических машин. Сведения о смазочных материалах приведены в табл. 144.

Таблица 140

Величина максимально допустимых зазоров в опорных подшипниках качения

Внутренний диаметр подшипника (в *мм*)	Радиальные зазоры (в *мм*)		
	в новых шарикоподшипниках	в новых роликоподшипниках	максимально допустимые при износе подшипников
20-30	0,01-0,02	0,03-0,05	0,1
35-50	0,01-0,02	0,05-0,07	0,2
55-80	0,01-0,02	0,06-0,08	0,2
85-120	0,02-0,03	0,08-0,10	0,3
130-150	0,02-0,04	0,10-0,12	0,3

Примечание. Радиальным зазором подшипника качения является сумма зазоров между телами качения, измеряемая щупом по одному диаметру. Осевым зазором (осевой вгрой) является величина полного осевого смещения в обе стороны одного кольца относительно другого (в нормальных подшипниках не более 0,3 *мм.*)

Таблица 141

Размеры однорядных радиальных шариковых и роликовых подшипников (по ОСТ 6121—39; ГОСТ 294—41)

Условное обозначение подшипника	Размеры подшипника (в *мм*)			Допустимая статическая нагрузка (в *кг*)	Предельная скорость вращения (в об/мин)	Ориентировочный вес (в *кг*)
	Внутренний диаметр	Наружный диаметр	Ширина			
Шарикоподшипники легкой серии						
202	15	35	11	240	10 000	0,04
203	17	40	12	310	10 000	0,06
204	20	47	14	430	10 000	0,10
205	25	52	15	490	10 000	0,12
206	30	62	16	700	10 000	0,19
207	35	72	17	950	7 500	0,27
208	40	80	18	1250	7 500	0,37
209	45	85	19	1250	5 000	0,42
210	50	90	20	1400	5 000	0,47
211	55	100	21	1800	5 000	0,58
212	60	110	22	2200	5 000	0,77
213	65	120	23	2400	5 000	0,98
214	70	125	24	2600	5 000	1,04
215	75	130	25	2900	3 500	1,13
216	80	140	26	3100	3 500	1,38
217	85	150	28	3400	2 500	1,75
218	90	160	30	4200	2 500	2,20
219	95	170	32	4900	2 500	2,60
220	100	180	34	5500	2 500	3,20

Продолжение табл. 141

Условное обозначение подшипника	Размеры подшипника (в *мм*)			Допустимая статическая нагрузка (в *кг*)	Предельная скорость вращения (в об/мин)	Ориентировочный вес (в *кг*)
	Внутренний диаметр	Наружный диаметр	Ширина			
средней серии						
302	15	42	13	380	5 000	0,42
303	17	47	14	470	5 000	0,63
304	20	52	15	540	10 000	0,14
305	25	62	17	790	7 500	0,22
306	30	72	19	1 100	7 500	0,35
307	35	80	21	1 250	5 000	0,42
308	40	90	23	1 600	5 000	0,63
309	45	100	25	2 100	5 000	0,83
310	50	110	27	2 500	5 000	1,08
311	55	120	29	2 900	5 000	1,37
312	60	130	31	3 400	3 500	1,71
313	65	140	33	3 900	3 500	2,09
314	70	150	35	4 400	2 500	2,60
315	75	160	37	5 000	2 500	3,10
316	80	170	39	5 600	2500	3,60
317	85	180	41	6 200	2500	4,30
318	90	190	43	7 000	2500	5,00
319	95	200	45	7 600	2500	5,70
320	100	215	47	9 200	1500	7,20
321	105	225	49	9 900	1500	8,30
322	110	240	50	12 000	1500	9,80
тяжелой серии						
405	25	80	21	1 470	5 000	0,51
406	30	90	23	1 870	5 000	0,72
407	35	100	25	2 160	5 000	0,92
408	40	110	27	2 500	3 500	1,16
409	45	120	29	3 000	3 500	1,55
410	50	130	31	3 800	3 500	1,91
411	55	140	33	4 300	2 500	2,30
412	60	150	35	4 800	2 500	2,30
413	65	160	37	5 400	2 500	3,40

Продолжение табл. 141

Условное обозначение подшипника	размеры подшипника (в *мм*)			Допустимая статическая нагрузка (в *кг*)	Предельная скорость вращения (в об/мин)	Ориентировочный вес (в *кг*)
	Внутренний диаметр	Наружный диаметр	Ширина			
Роликоподшипники с короткими цилиндрическими роликами легкой серии						
2206	30	62	16	1 000	10 000	0,20
2207	35	72	17	1 500	7 500	0,30
2208	40	80	18	2 000	7 500	0,40
2209	45	85	19	2 200	5 000	0,50
2210	50	90	20	2 500	5 000	0,60
2211	55	100	21	3 000	5 000	0,70
2212	60	110	22	3 600	5 000	0,90
2213	65	120	23	4 300	5 000	1,10
2214	70	125	24	4 300	5 000	1,30
2216	80	140	26	6 000	3 500	1,70
2218	90	160	30	8 000	2 500	2,50
2220	100	180	34	10 000	2 500	3,50
средней серии						
2305	25	62	17	1300	7500	0,20
2306	30	72	19	1750	7500	0,30
2307	35	80	21	2200	5000	0,50
2308	40	90	23	2 600	5000	0,70
2309	45	100	25	3 500	5000	0,90
2310	50	110	27	4 100	5000	1,20
2311	55	120	29	5 100	5000	1,70
2312	60	130	31	6 200	3500	2,00
2313	65	140	33	7 000	3500	2,50
2314	70	150	35	8 300	2500	3,10
2315	75	160	37	9 500	2500	3,70
2316	80	170	39	10 500	2500	4,40
2317	85	180	41	12 000	2500	5,20
3218	90	190	43	13 000	2500	6,10
2319	95	200	45	14 500	2500	7,00
2320	100	215	47	17 000	1500	8,60
2321	105	225	49	19 000	1500	9,80
2322	110	240	50	22 000	1500	11,00

Продолжение табл. 141

Условное обозначение подшипника	Размеры подшипника (в *мм*)			Допустимая статическая нагрузка (в *кг*)	Предельная скорость вращения (в об/мин)	Ориентировочный вес (в *кг*)
	Внутренний диаметр	Наружный диаметр	Ширина			
тяжелой серии						
2 413	65	160	37	9 400	2500	4,00
2 414	70	180	42	12 000	2500	5,90
2 415	75	290	45	14 000	2500	7,10
2 416	80	300	48	16 500	1500	8,30
2 418	90	325	54	21 000	1000	11,00

Таблица 142

Шариковые и роликовые подшипники, применяемые в машинах постоянного тока серий ПН (горизонтального исполнения), МП, КПДН и в синхронных генераторах серии СГ

Тип электрической машины	№ подшипника со стороны привода (шкива, полумуфты)	№ подшипника со стороны, противоположной приводу	Тип электрической машины	№ подшипника со стороны привода (шкива, полумуфты)	№ подшипника со стороны, противоположной приводу
ПН-2,5	302	302	ПН-145	2 311	309
ПН-5	303	303	ПН-205	2 313	311
ПН-10	305	305	ПН-290	2 313	311
ПН-17,5	306	306	ПН-400	2 317	314
ПН-28,5	308	308	ПН-550	2 317	314
ПН-45	308	308	ПН-750	2 320	317
ПН-68	309	309	ПН-1320	2 320	317
ПН-85	309	309	ПН-1 00	2 320	318
ПН-100	2311	309	ПН-1750	2 320	318
МП-12	307	307	КПДН-5у	42 417	42 417
МП-22, КПДН-2у	408	407	КПДН-5ш	42 417	42 417
КПДН-3ш	408	407	МП-51	42 417	42 417
МП-32, КПДН-3у	410	409	МП-52	42 417	42 247
КПДН-3ш	410	409	МП-62	42 620	42 620
МП-41, МП-42	316	313	МП-72	42 624	42 624
КПДН-у, КПДН-4ш	316	313	МП-82, МП-82а	42 626	42 626
СГ-15/6; СГ-25/6	2314	210	СГ-35/6; СГ-45/6	2 416	212
			СГ-60/6	2 416	212

Таблица 143

Шариковые и роликовые подшипники, применяемые в асинхронных двигателях серии А и АО

Тип асинхронного двигателя	№ подшипника со стороны привода (шкива, полумуфты) при скорости вращения (в об/мин)		№ подшипника со стороны противоположной приводу, при скорости вращения (в об/мин)	
	3000	1500, 1000 750	3000	1500, 1000, 750
А и АО31 и 32	304	304	304	304
А и АО41 и 42	306	306	306	306
А и АО51 и 52	308	308	308	308
А61 и 62	308	310	308	310
АО62 и 63	308	310	308	310
А71 и 72	310	312	310	2312
АО72 и 73	310	312	310	2312
А81 и 82	312	314	312	2314
АО82 и 83	312	314	312	2314
А91 и 92	314	317	314	2317
АО93 и 94	314	317	314	2317

Таблица 144

Смазочные масла, густые мази и их назначение

Наименование	Кинематическая вязкость при 50°	Стандарт	Примерное назначение
Турбинное 22п (турбинное Л с присадкой ВТИ-1) . . .	20—23	ГОСТ 32—53	Для подшипников турбогенераторов до 3000 об/мин (смазка циркуляционная под давлением 0,25 — 0,5 *ат*)
Турбинное 22 . . . (турбинное Л) . .	20—23	ГОСТ 32—53	
Турбинное 30 (турбинное УТ)	28—32	ГОСТ 32—53	Для подшипников турбогенераторов со средними скоростями от 250 до 1000 об/мин (смазка циркуляционная под давлением 0,25—0,5 *ат*)
Турбинное 46 (турбинное Т)	44—48	ГОСТ 32—53	

Продолжение табл. 144

Наименование	Кинематическая вязкость при 50°	Стандарт	Примерное назначение
Индустриальное 12 (веретенное 2) . . .	10—14	ГОСТ 1707—51	Для подшипников электродвигателей с кольцевой смазкой
Индустриальное 20 (веретенное 3) . . .	17—23	ГОСТ 1707—51	Для подшипников с кольцевой смазкой быстроходных электродвигателей от 1000 об/мин и выше
Индустриальное 30 (машинное Л) . . .	27—33	ГОСТ 1707—51	То же, но мощностью выше 1000 *квт*
Индустриальное 45 (машинное С) . . .	38—52	ГОСТ 1707—51	Для подшипников с кольцевой смазкой электродвигателей мощностью выше 1000 *квт* и от 250 до 1000 об/мин
Универсальная среднеплавкая смазка УС-2 (солидол жировой Л)	—	ГОСТ 1033—51	Для средненагруженных подшипников качения с рабочей температурой до 60°
Универсальная среднеплавкая смазка УС-3 (солидол жировой Т)	—	ГОСТ 1033—51	Для средненагруженных подшипников качения с рабочей температурой до 75°
Универсальная тугоплавкая смазка УТ-1 (консталин жировой)	—	ГОСТ 1957—52	Для подшипников качения (машин до 3000 об/мин) с рабочей температурой до 115°
Универсальная тугоплавкая водостойкая смазка УТВ (смазка 1—13) . . .	—	ГОСТ 1631—52	Для смазки механизмов, работающих в условиях повышенной влажности
Универсальная низкоплавкая смазка УМ (вазелин технический)	—	ГОСТ 782—53	В качестве антикоррозийной смазки

РАЗДЕЛ СЕДЬМОЙ

РАЗНЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ

§ 38. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ГРУЗОПОДЪЕМНЫМ МЕХАНИЗМАМ. ВЫБОР ЧАЛОЧНЫХ КАНАТОВ И СТРОПОВ

Общие требования к грузоподъемным механизмам. Поднятие, перемещение, разборка и сборка крупных электрических машин являются ответственными видами такелажных работ, выполнение которых получают специально обученному персоналу.

В зависимости от веса и конструкции машин при такелажных работах применяют различные приспособления и механизмы. Все это оборудование должно быть исправиым и испытанным администрацией предприятий, а особо важные грузоподъемные механизмы, кроме того, Инспекцией Госгортехнадзора, как то:

краны всех типов;

Таблица 145

Нормы браковки стальных канатов (тросов) по числу обрывов проволок

Первоначальный коэффициент запаса прочности (при установленном отношении* *D*:*d*)	Конструкция канатов			
	6×19=114 и один органический сердечник	6×37=222 и один органический сердечник	6×61=336 и один органический сердечник	18×19=342 и один органический сердечник
	Число обрывов проволок на длине одного шага свивки каната, при котором канат должен быть забракован**			
До 6	12/6	22/11	36/18	36/18
Свыше 6 до 7	14/7	26/13	38/19	38/19
Свыше 7	16/8	30/15	40/20	40/20

*D—диаметр барабана, *мм*; d—диаметр каната, *мм*.

** Слева показано число обрывов проволок на длине одного шага крестовой свивки, а справа—односторонней свивки.

Таблица 146

Коэффициенты запаса прочности для стальных канатов (тросов)

Назначение канатов	Коэффициенты запаса прочности
Для грузоподъемных механизмов:	
с машинным приводом	5,0—6,0
с ручным приводом	4,5
лебедки для поднятия людей	9,0
Ванты и расчалки	3,0

Примечание. Пеньковые канаты разрешается применять только как чалочные с восьмикратным запасом прочности.

Таблица 147

Каваты стальвые для лебедок, полиспастов и грузоподъемвых кравов

Диаметр (в *мм*)		Разрывиое усилие каиата в целом (в *кг*)	Вес 100 *пог. м* (в *кг*)
каната	проволоки		
Для лебедоки полиспастов 6×37=222 проволоки и одва органическая сердцевина (по ГОСТ 3071—55)			
8,7	0,4	3 430	24,0
11,0	0,5	5 340	38,0
13,0	0,6	6 690	57,0
15,5	0,7	9 100	77,0
17,5	0,8	11 890	100,0
19,5	0,9	15 000	120,0
22,0	1,0	18 600	160,0
24,0	1,1	22 500	180,0
26,0	1,2	26 900	230,0
28,5	1,3	31 300	260,0
30,5	1,4	36 500	310,0
Для грузоподъемных кравов 6×61=366 проволок и одна органическая сердцевина (по ГОСТ 3072—55)			
19,5	0,7	15 550	132,4
22,5	0,8	20 300	173,0
25,0	0,9	25 700	218,8
28,0	1,0	31 850	271,0
31,0	1,1	38 550	327,8
33,5	1,2	45 850	389,8
39,0	1,4	62 450	531,0
44,5	1,6	81 350	692,9
50,5	1,8	102 500	875,5

Прнмечание. Расчетный предел прочности при растяженяи принят: для канатов (лебедок и полиспастов), диаметром 8,7 и 11 *мм* —150 *кГ/мм*²; днаметром от 13 до 30,5 *мм* —130 *кГ/мм*²; для канатов грузоподъемных кранов —140 *кГ/мм*².

грузовые электрические тележки, передвигающвеся по надземным рельсовым путям совместно с кабиной управления;

электрнческие н ручные талв и лебедкв, предназначеиные для поднятия грузов и людей;

Таблица 148

Канаты пеньковые бельные трехпрядные специальные (по ГОСТ 483—55)

Размеры канатов			Вес 100 $м^2$ (в кг)	Допустимая нагрузка (в кг)		Разрушающая нагрузка (в кг)	Наименьший диаметр блоков (в мм)
Длина окружности (в мм)	Диаметр (в мм)	Геометрическая площадь сечения (в $м^2$)		Канат грузовой	Канат чалочный		
35	11,1	97	8,7	100	50	835	110
40	12,7	125	11,6	125	60	1 101	120
45	14,3	160	14,7	160	80	1 361	140
50	15,9	198	19,0	200	100	1 740	160
60	19,1	286	27,0	300	150	2 368	190
65	20,7	338	31,5	350	175	2 731	200
75	23,9	447	42,5	450	225	3 550	240
90	28,7	622	61,0	620	310	4 830	280
100	31,8	795	76,0	800	400	5 852	320
150	47,8	1800	168,0	1800	900	12 281	470
200	63,7	3180	302,0	3200	1600	20 163	640

Примечание. Допустимые нагрузки на грузовые канаты определены из расчета 0,5 кГ/мм2. Допустимые нагрузки на канаты в мокром состоянии должны быть уменьшены вдвое.

Таблица 149

Восьмерки для подъема грузов

Диаметр материала восьмерки (в мм)	Диаметр отверстия (в мм)	Допустимая нагрузка (в кг)
20	60	300
25	65	550
30	70	850
35	80	1200
40	90	1500

все вспомогательные грузозахватные приспособления (чалочные цепи и канаты, траверсы и коромысла), подвешиваемые к захватному органу перечисленных грузоподъемных машин.

Периодические испытания и технические освидетельствования грузоподъемных механизмов и приспособлений проводятся Инспекцией Госгортехнадзора не реже одного раза в 12 мес., за исклю-

чением редко используемых (в периоды ремонтов) кранов электрических станций, которые испытываются через каждые три года.

Правилами безопасной эксплуатации грузоподъемных механизмов категорически запрещено пользоваться изношенными канатами. Нормы браковки стальных канатов (тросов) приведены в табл. 145.

Выбор чалочных канатов и стропов. Чалочные канаты и стропы при такелажных работах выбираются по разрывному усилию, создаваемому в канате поднимаемым грузом (с учетом коэффициента запаса прочности) по формуле

$$F = \frac{1}{\cos\alpha}\,\frac{kG}{m}\ \text{кг},$$

где k — коэффициент запаса прочности (табл. 146);
m — количество чалочных ветвей каната, наклоненных к вертикали под углом α;
G — поднимаемый груз, *кг*.

В зависимости от угла α отношение $\frac{1}{\cos\alpha}$ следующее:

α	0	30°	45°	60°
$\frac{1}{\cos\alpha}$	1,00	1,15	1,42	2,00

Технические характеристики стальных и пеньковых канатов, восьмерок и рым приведены в табл. 146—150.

Таблица 150

Рымы для подъема грузов

Диаметр резьбы d	Внутренний диаметр ушка a (в *мм*)	Толщина ушка b (в *мм*)	Допустимая нагрузка (в *кг*)		
			вертикальная	под углом 30°	под углом 45°
М 12	30	10	150	90	-
М 16	35	12	300	180	-
М 20	40	15	600	360	-
М 22	45	18	900	540	-
М 30	50	21	1 300	800	-
М 36	60	25	2 400	1400	-
М 42	80	32	3 000	1500	-
М 48	90	38	4 200	2100	-
М 56	100	44	6 000	-	3000
М 64	110	52	8 200	-	4100
М 72	130	60	11 000	-	5500
М 80	150	68	14 000	-	7000

§ 39. СТАНДАРТНЫЕ РЕЗЬБЫ. ГАЕЧНЫЕ КЛЮЧИ

В современных конструкциях электрических машин применяют основную метрическую резьбу (табл. 151), в устаревших конструкциях машин применялись различные резьбы, в том числе дюймовая и трубная (табл. 152). Эти резьбы в настоящее время можно применять только при изготовлении запасных частей.

В табл. 153 приведены номинальные размеры гаечных ключей

Таблица 151

Основная крепежная метрическая резьба

$\left(\frac{\text{ОСТ}}{\text{НКТП}}\ 94,\ 32\ \text{и}\ 193\right)$

Наружный диаметр резьбы (в *мм*)	Средний диаметр резьбы (в *мм*)	Внутренний диаметр резьбы (в *мм*)	Шаг резьбы (в *мм*)	Сверление под резьбу (в *мм*)	Сверление на проход (в *мм*)
3	2,675	2,350	0,50	2,5/2,65*	-
4	3,546	3,091	0,70	3,3/3,50	5
5	4,480	3,961	0,80	4,1/4,20	6
6	5,350	4,701	1,00	4,9/5,00	7
8	7,188	6,377	1,25	6,6/6,70	9
10	9,026	8,051	1,50	8,3/8,40	11
12	10,863	9,727	1,75	10,0/10,10	13
14	12,701	11,402	2,00	11,7/11,80	15
16	14,701	13,402	2,00	13,8/13,80	17
18	16,376	14,753	2,50	15,1/15,30	20
20	18,376	16,753	2,50	17,1/17,30	22
22	20,376	18,753	2,50	19,1/19,30	24
24	22,051	20,103	3,00	20,6/20,70	26
27	25,051	23,103	3,00	23,6/23,70	29
30	27,727	25,454	3,50	26,0/26,10	32
36	33,402	30,804	4,00	31,40	40
42	39,077	36,155	4,50	36,8/37,00	46
48	44,752	41,505	5,00	42,20	54
56	52,428	48,855	5,50	-	-
64	60,103	56,206	6,00	-	-
72	68,103	64,206	6,00	-	-
76	72,103	68,206	6,00	-	-
80	76,103	72,206	6,00	-	-
85	81,103	77,206	6,00	-	-
90	86,103	82,206	6,00	-	-
95	91,103	87,206	6,00	-	-
100	96,103	92,206	6,00	-	-

* В числителе показано сверление под резьбу для чугуна, а в знаменателе — для стали.

Таблица 152

Резьба дюймовая с углом профиля 55° (по ОСТ 1260) и трубная цилиндрическая (по ОСТ 266)

Номинальный диаметр резьбы (в дюймах)	Наружный номинальный диаметр резьбы (в *мм*)	Средний диаметр резьбы (в *мм*)	Внутренний диаметр резьбы (в *мм*)	Шаг резьбы (в *мм*)	Число ниток на дюйме	Сверление под резьбу (в *мм*)	Сверление на проход (в *мм*)
Резьба дюймовая							
3/16	4,762	4,085	3,408	1,058	24	3,7	5,8
1/4	6,350	5,537	4,724	1,270	20	5,0/5,1**	7,6
5/16	7,938	7,034	6,131	1,411	18	6,4/6,5	9,0
3/8	9,525	8,509	7,492	1,588	16	7,8/8,0	11,0
(7/16)*	11,112	9,951	8,789	1,814	14	9,2/-	12,0
1/2	12,700	11,345	9,989	2,117	12	10,3/10,5	14,5
(9/16)	14,288	12,932	11,577	2,117	12	12,0/-	16,0
5/8	15,875	14,397	12,918	2,309	11	13,3/13,5	17,0
3/4	19,050	17,424	15,798	2,540	10	16,2/16,5	22,0
7/8	22,225	20,418	18,611	2,822	9	19,0/19,5	25,0
1	25,400	23,367	21,334	3,175	8	21,8/22,3	28,0
11/8	28,575	26,252	23,929	3,629	7	24,6/25,0	33,0
11/4	31,750	29,427	27,104	3,629	7	27,6/28,0	35,0
(13/8)	34,925	32,215	29,504	4,233	6		38
11/2	38,100	35,390	32,679	4,233	6	33,4/33,7	42
(15/8)	41,275	38,022	34,770	5,080	5	35,7	46
13/4	44,450	41,198	37,945	5,080	5	38,5/39,2	50
(17/8)	47,625	44,011	40,397	5,644	41/2	41,4/-	54
2	50,800	47,186	43,572	5,644	41/2	43,7/44,6	58
21/4	57,150	53,084	49,019	6,350	4		-
21/2	63,500	59,434	55,369	6,350	4		-

* Диаметры, взятые в скобки, соответствуют наименее ходовым резьбам.

** В числителе показано сверление под резьбу для чугуна и бронзы, а в знаменателе — для стали и латуни.

Продолжение табл. 152

Номинальный диаметр резьбы (в дюймах)	Наружный номинальный диаметр резьбы (в *мм*)	Средний диаметр резьбы (в *мм*)	Внутренний диаметр резьбы (в *мм*)	Шаг резьбы (в *мм*)	Число ниток на дюйме	Сверление под резьбу (в *мм*)	Сверление на проход (в *мм*)
23/4	69,850	65,204	60,557	7,257	$3\frac{1}{2}$	-	-
3	76,200	71,554	66,907	7,257	$3\frac{1}{2}$	-	-
31/4	82,550	77,546	72,542	7,815	$3\frac{1}{4}$	-	-
31/2	88,900	83,896	78,892	7,815	$3\frac{1}{4}$	-	-
33/4	95,250	89,829	84,409	8,467	3	-	-
4	101,600	96,179	90,759	8,467	3	-	-
Резьба трубная цилиндрическая							
(1/8)	9,729	9,148	8,567	0,907	28	8,9	-
1/4	13,158	12,302	11,446	1,337	19	11,9	-
3/8	16,663	15,807	14,951	1,337	19	15,3	-
1/2	20,956	19,794	18,632	1,814	14	19,0	-
(5/8)	22,912	21,750	20,588	1,814	14	21,0	-
3/4	26,442	25,281	24,119	1,814	14	24,3	-
(7/8)	30,202	29,040	27,878	1,814	14	28,3	-
1	33,250	31,771	30,293	2,309	11	30,5	-
(1 1/8)	37,898	36,420	34,941	2,309	11	35,2	-
1 1/4	41,912	40,433	38,954	2,309	11	39,2	-
(1 3/8)	44,325	42,846	41,367	2,309	11	41,6	-
1 1/2	47,805	46,326	44,847	2,309	11	45,0	-
1 3/4	53,748	52,270	50,791	2,309	11	51,0	-
2	59,616	58,137	56,659	2,309	11	56,9	-

Таблица 153

Двухсторонние открытые гаечные ключи

Номинальные размеры (в *мм*)	Допустимые размеры зева ключа (в *мм*)	
	макс.	мин.
3×4	3,2 4,2	3,05 4,10
5×7	5,2 7,2	5,10 7,10
6×8	6,2 8,3	6,10 8,10
9×11	9,3 11,3	9,10 11,10
10×12	10,3 12,3	10,10 12,10
14×17	14,3 17,3	14,10 17,10
19×22	19,4 22,4	19,10 22,10
24×27	24,4 27,4	24,10 27,40
30×32	30,4 32,5	30,10 32,20
36×41	36,5 41,5	36,20 41,20

§ 40. ДОПУСКИ И ПОСАДКИ

Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами определяется допуском.

Характер соединения двух вставленных одна в другую деталей, т. е. свобода их относительного перемещения (зазор) или прочность их неподвижного соединения (натяг), определяется посадками.

Системой допусков называется планомерно построенная совокупность допусков и посадок. Система допусков определяется:

основанием системы (система вала или отверстия);

величиной допусков нескольких классов (степеней) точности 1; 2; 3; 4; 5; 7; 8; 9;

по величине зазоров или натягов — рядом посадок.

Всем посадкам по ОСТ присвоены такие наименования и обозначения:

Горячая	Гр	Легкопрессовая	Пл
Прессовая	Пр	Скользящая	С
Глухая	Г	Движения	Д
Тугая	Т	Ходовая	Х
Напряженная	Н	Легкоходовая	Л
Плотная	П	Широкоходовая	Ш

Допуски и посадки по второму классу точности приведены в табл. 154.

Допуски и посадки 2-го
Система

Номинальные диаметры (в *мм*)	Отклонения отверстия А		ОСТ 1042		ОСТ 1043		ОСТ 1044		ОСТ 1012			
			Гр		Пр		Пл		Г		Т	
			Отклоне									
	н	в	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н
От 1 до 3	0	+10	+27	+18	+18	+12	+16	+10	+13	+6	+10	+4
Свыше 3 „ 6	0	+13	+33	+20	+23	+15	+21	+13	+16	+8	+13	+5
„ 6 „ 10	0	+16	+39	+23	+28	+18	+26	+16	+20	+10	+16	+6
„ 10 „ 18	0	+19	+48	+29	+34	+22	+32	+20	+24	+12	+19	+7
„ 18 „ 30	0	+23	+62	+39	+42	+28	+39	+25	+30	+15	+23	+8
„ 30 „ 50/40*	0	+27	+77	+50	+52	+35	+47	+30	+35	+18	+27	+8
„ 50 „ 80/65	0	+30	+105	+75	+65	+45	+55	+35	+40	+20	+30	+10
„ 80 „ 100	0	+35	+140	+105	+85	+60	+70	+45	+45	+23	+35	+12
„ 100 „ 120	0	+35	+160	+125	+95	+70	+70	+45	+45	+23	+35	+12
„ 120 „ 150/140	0	+40	+190	+150	+110	+80	+85	+58	+52	+25	+40	+13
„ 150 „ 180/160	0	+40	+220	+180	+125	+95	+85	+58	+52	+25	+40	+13
„ 180 „ 220	0	+45	+260	+215	+145	+115	+105	+75	+60	+30	+45	+15
„ 220 „ 260	0	+45	+300	+255	+165	+135	+105	+75	+60	+30	+45	+15
„ 260 „ 310	0	+50	+350	+300	+195	+160	+135	+100	+70	+35	+50	+15
„ 310 „ 360	0	+50	+400	+350	+220	+185	+135	+100	+70	+35	+50	+15
„ 360 „ 440	0	+60	+475	+415	+260	+220	+170	+130	+80	+40	+60	+20
„ 440 „ 500	0	+80	+485	+260	+300	+260	+170	+130	+80	+40	+60	+20

Примечание. В таблице отклонения даны в микронах и

* В числителе дроби показаны номинальный диаметр только для горячей

Таблица 154

класса точности
отверстия

ОСТ 1012													
Н		П		С		Д		Х		Л		Ш	
ния вала													
в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н
+7	+1	+3	−3	0	−6	−3	−9	−8	−18	−12	−25	−18	−35
+9	+1	+4	−4	0	−8	−4	−12	−10	−22	−17	−35	−25	−45
+12	+2	+5	−5	0	−10	−5	−15	−13	−27	−23	−45	−35	−60
+14	+2	+6	−6	0	−12	−6	−18	−16	−33	−30	−55	−45	−75
+17	+2	+7	−7	0	−14	−8	−22	−20	−40	−40	−70	−60	−95
+20	+3	+8	−8	0	−17	−10	−27	−25	−50	−50	−85	−75	−115
+23	+3	+10	−10	0	−20	−12	−32	−30	−60	−65	−105	−95	−145
+26	+3	+12	−12	0	−23	−15	−38	−40	−75	−80	−125	−120	−175
+26	+3	+12	−12	0	−23	−15	−38	−40	−75	−80	−125	−120	−175
+30	+4	+14	−14	0	−27	−18	−45	−50	−90	−100	−155	−150	−210
+30	+4	+14	−14	0	−27	−18	−45	−50	−90	−100	−155	−150	−210
+35	+4	+16	−16	0	−30	−22	−52	−60	−105	−120	−180	−180	−250
+35	+4	+16	−16	0	−30	−22	−52	−60	−105	−120	−180	−180	−250
+40	+4	+18	−18	0	−35	−26	−60	−70	−125	−140	−210	−210	−290
+40	+4	+18	−18	0	−35	−26	−60	−70	−125	−140	−210	−210	−290
+45	+5	+20	−20	0	−40	−30	−70	−80	−140	−170	−245	−250	−340
+45	+5	+20	−20	0	−40	−30	−70	−80	−140	−170	−245	−250	−340

обозначены буквами; в — верхнее, н — нижнее.

посадки (Гр), а в знаменателе—для остальных посадок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев А. Е., Конструкция электрических машин, М., Госэнергоиздат, 1949.

2. Алексеев А. Е., Костенко М. П., Турбогенераторы, М., Госэнергоиздат, 1939.

3. Богородицкий Н. П., Пасыиков В. В., Тареев Б. М., Электротехнические материалы, М., Госэнергоиздат, 1950.

4. Виноградов Н. В., Технология производства электрических машин, М., Госэнергоиздат, 1954.

5. Галитовский В. Г., Реставрация обмоточных проводов, М., Металлургиздат, 1954.

6. Гемке Р. Г., Неисправности электрических машии, М., Госэнергоиздат, 1950.

7. Гладков А. З., Производство электроизоляциоиных лаков, М., Госэнергоиздат, 1951.

8. Грудинский П. Г., Техническая эксплуатация электростанций и подстанций, М., Госэнергоиздат, 1949.

9. Егоров И. А., Ремонт обмоток крупных электродвигателей переменного тока, М., Госэнергоиздат, 1954.

10. Жерве Г. К., Промышленные испытания электрических машин, М.— Л, Госэнергоиздат, 1950.

11. Жерве Г. К., Расчет асинхронного двигателя при перемотке, М. — Л., Госэиергоиздат, 1951.

12. Жерве Г. К., Расчет машины постоянного тока при перемотке, М.—Л., Госэнергоиздат, 1952.

13. Инструкция по организации ремонта основного энергетического оборудования, М., Госэнергоиздат, 1953.

14. Инструкция по эксплуатации генераторов, М., Госэнергоиздат, 1954.

15. Калитвяиский В. В., Изоляция электрических машин, М., Госэнергоиздат, 1949.

16. Коварский Е. М., Ремонт электрических машии., М., Госэнергоиздат, 1953.

17. Колесник Н. В., Статическая и динамическая балансировка, М, Машгиз, 1954.

18. Красовский Б. Н., Вопросы прочности электрических машин, АН СССР, 1951.

19. Комар Е. Г., Вопросы проектирования турбогенераторов, М., Госэнергоиздат, 1955.

20. Комар Е. Г., Эксплуатация турбогенераторов, М., Госэнергоиздат, 1943.

21. Мещеряков В. В., Ченцов И. М., Пересчет электрических машин и таблицы обмоточных данных, М., Госэнергоиздат, 1950.

22. Одинг И. А., Основы прочности металлов паровых котлов, турбин и турбогенераторов, М., Госэнергоиздат, 1949.

23. Объем и нормы испытаний электрооборудования, М., Госэнергоиздат, 1957.

24. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей, М., Госэнергоиздат, 1953.

25. Ривлин Л. Б., Монтаж крупных электрических машин, М., Госэнергоиздат, 1956.

26. Руководящие указания по статической и динамической балансировке ротора, М., Госэнергоиздат, 1942.

27. Самойлов В. А., Вибрация агрегатов электростанций и балансировка роторов, М., Госэнергоиздат, 1949.

28. Сухоруков Ф. Т., Технология обмоточно-изоляционного производства, М., Госэнергоиздат, 1951.

29. Смирягин А. П., Шпагин А. И., Оловянистые бронзы, баббиты, пропои и их заменители, М., Металлургиздат, 1949.

30. Сборник директивных материалов технического отдела МЭС, электрическая часть, М., Госэнергоиздат, 1950.

31. Сыромятников И. А., Режимы работы синхронных генераторов, М., Госэнергоиздат, 1952.

32. Турбогенераторы серии Т2, Технический справочник завода «Электросила», Л., Лениздат, 1945.

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел пятый

Нормы испытаний электрической прочности изоляции электрических машин

Раздел шестой

Ремонт электрических машин

Раздел седьмой

Разные справочные сведения

Павел Васильевич Дренов

Справочник по ремонту электрических машин

Редактор *М. Писаренко*
Переплет художника *Р. Скакуна*
Технический редактор *П. Пацалюк*
Корректор *В. Павленко*

Сдано в набор 27.II 1958 г. Подписано к печати 24.X 1958 г. Формат бумаги 84×103/32. Объем: 10 физич. лист.; 16,4 условн. лист.; 23,98 учетно-издат. лист. Зак. 933. Тираж 40250. БФ 19119. Цена 10 руб.

Государственное издательство технической литературы УССР
г. Киев, Красноармейская, 11.

Отпечатано с матриц книжной фабрики «Октябрь» на Книжно-журнальной фабрике Главиздата Министерства Культуры УССР. Киев, Воровского, 24,